UNIVERSITY OF MAINE
LIBRARIES

RAYMOND H. FOGLER LIBRARY
GIFT OF
Peavey Memorial Library

ΑΕΙ Ο ΘΕΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΕΙ

SUR

L'ORIGINE DU MONDE

THÉORIES COSMOGONIQUES

DES ANCIENS ET DES MODERNES,

PAR

H. FAYE,

DE L'INSTITUT.

C'est véritablement donner des batailles que de tascher à vaincre les erreurs qui nous empêchent de parvenir à la connaissance de la vérité, et c'est en perdre une que de recevoir une fausse opinion, touchant une matière un peu générale et importante.
(DESCARTES, *Discours de la méthode.*)

QUATRIÈME ÉDITION.

Avec une Préface de H. Deslandres, de l'Institut.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1907

Tous droits de traduction et de reproduction réservés.

PRÉFACE.

Ce Livre, dont la première édition remonte à près de trente années, est encore plein d'actualité. Le sujet traité, un des plus grandioses de l'Astronomie, se présente toujours de la même manière ; les données de l'observation n'ont pas varié sensiblement dans l'intervalle, pas plus que les idées fondamentales qui président à leur explication.

Les Ouvrages, plus récents sur la matière, de M. Wolff (*Hypothèses cosmogoniques*) et du colonel du Ligondès (*Formation mécanique du système du monde*) ne font pas double emploi avec le précédent. Le premier émet des idées assez différentes, il ouvre une discussion qui augmente encore l'intérêt de la question. Le second, comme l'auteur le remarque dans sa préface, émane directement de l'Ouvrage de M. Faye, et ne s'en écarte que sur des points secondaires; avec un programme moins étendu, il développe plus longuement certaines parties.

L'Ouvrage de M. Faye est complet; car il expose avec détails les idées successives sur la nature et la

formation des mondes depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours; il met bien en relief la progression de ces idées et leur précision croissante avec l'observation plus approfondie du ciel, et les grandes découvertes successives des sciences expérimentales. Ces recherches cosmogoniques, par la nature même du sujet, par les liens étroits avec les autres sciences, ont une portée philosophique très haute; et beaucoup de grands esprits les ont méditées et commentées. Le Livre actuel est formé par la réunion de tous ces résultats et de toutes ces opinions.

La contribution personnelle de l'auteur est considérable : la plupart des idées nouvelles qu'il a émises sont acceptées encore ou sont reproduites dans les Ouvrages classiques d'Astronomie. Il a mis au point l'hypothèse nébulaire de Kant, si bien adaptée à la structure actuelle du système solaire. Cette hypothèse avait été développée magistralement par Laplace et, après lui, admise par tous; elle expliquait très bien les 43 mouvements alors connus des planètes et de leurs satellites, poursuivis dans le même sens, le sens direct. Mais, au siècle dernier, l'explication de Laplace devient insuffisante; elle est mise en défaut par la découverte des planètes Uranus et Neptune dont les satellites se meuvent dans le sens rétrograde. C'est alors que Faye reprend la question en la serrant de plus près; il montre, en s'appuyant sur la seule gravitation, que l'attraction réelle vers le centre varie

fortement aux diverses phases de la condensation, et que la rotation des astres détachés peut et doit avoir lieu successivement dans les deux sens. L'hypothèse nébulaire reprend toute sa valeur; et l'explication de l'auteur, simple et générale, restera attachée à son nom. Elle a une réelle importance, puisque la tendance actuelle est de tout rapporter à une évolution continue de la nébuleuse à l'étoile et de l'étoile à la nébuleuse.

Les idées développées dans l'Ouvrage sur la structure du Soleil, la nature et la formation des taches sont toujours classiques. Pour lui la tache est due à un grand mouvement giratoire, analogue à nos cyclones, qui a son siège dans l'atmosphère même de l'astre. La théorie correspondante qui porte son nom est présentée par plusieurs auteurs comme la plus probable; elle est opposée à la théorie dite *volcanique* qui place la cause non plus à l'extérieur, mais à l'intérieur même de l'astre. L'observation n'a pas permis encore de décider entre les deux hypothèses; mais elle lui a donné récemment raison pour un autre phénomène qui l'a occupé beaucoup et qui est la force répulsive du Soleil, annoncée par les queues cométaires. M. Faye a toujours soutenu que la répulsion était liée directement au rayonnement de l'astre; en fait il avait prévu la pression de radiation, reconnue depuis par des expériences décisives. Il n'y a pas là simplement une coïncidence heureuse, mais une

intuition réelle due à un robuste bon sens, et à un sens profond des phénomènes. Les personnes encore nombreuses qui ont connu M. Faye seront du même avis, et il convient d'ajouter quelques mots sur l'homme lui-même, ne serait-ce que pour mieux faire comprendre son œuvre.

M. Faye a été un professeur incomparable qui a laissé un souvenir ému aux nombreux élèves qui ont suivi son cours à l'École Polytechnique. Il avait une clarté, une netteté d'exposition vraiment remarquables, une grande finesse qui s'alliait à une grande bonhomie et une simplicité charmante pour expliquer les choses les plus compliquées. Ces mêmes qualités se retrouvent dans son Livre, qui est facile à lire même pour les personnes étrangères à l'Astronomie. L'œuvre, pour d'autres raisons encore, est assurée d'une longue vie; elle marque une étape distincte dans la série des efforts que l'homme a tentés et tentera longtemps encore pour pénétrer les secrets de l'évolution stellaire.

H. Deslandres,
Membre de l'Institut.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

INTRODUCTION. — **La Science et l'idée de Dieu** 1

PREMIÈRE PARTIE. — **Idées cosmogoniques des premiers temps.** 5

L'Astronomie primitive 5

CHAPITRE I. — *Moïse et la Genèse* 8

Création du Monde et de l'Homme 9
Le jour indépendant du Soleil 12
Circulation aéro-tellurique de l'eau, inconnue 13
Le Ciel, effet d'optique aérienne 14
Création tardive du Soleil 18
Résumé scientifique de la Genèse 18

DEUXIÈME PARTIE. — **Idées cosmogoniques des Anciens** ... 25

Les navigateurs 27
Observatoires officiels des temples 31
Écoles philosophiques en Grèce 33
École pythagoricienne 35

CHAPITRE II. — *Platon, le Timée* 39

CHAPITRE III. — *Aristote, le Ciel* 49

CHAPITRE IV. — *Cicéron, le songe de Scipion* 67

CHAPITRE V. — *Le poème de Lucrèce* 75

CHAPITRE VI. — *Virgile et Ovide* 91

TROISIÈME PARTIE. — **Idées cosmogoniques des Modernes.** 95

CHAPITRE VII. — *Descartes* 101

CHAPITRE VIII. — *Newton* 110

Idées cosmogoniques de Newton 115
Critique de Laplace 123
Réponse du traducteur d'Aristote à la critique de Laplace 125
Sur l'anecdote de Laplace 128

Pages.

CHAPITRE IX. — *Kant* 131

Formation de l'Univers stellaire d'après Kant 140
Théorème de Kant; formation des anneaux de Saturne 142

CHAPITRE X. — *Laplace* 150

QUATRIÈME PARTIE. — **Idées cosmogoniques du XIX^e siècle.** 170

CHAPITRE XI. — *L'Univers et la classification des mondes*.... 174

L'Univers 174
Mouvements propres des étoiles 180
Classification des mondes 183

Embranchement des nébuleuses 189

Nébuleuses amorphes 190
Nébuleuses régulières 194

Embranchement des formations stellaires 197

Étoiles isolées 199
Les trois types spectraux des étoiles 200
Étoiles doubles 203
Amas stellaires 206
Amas irréguliers 207
Amas d'étoiles en spirales 207
Amas réguliers d'étoiles 208

Genres et variétés 210

Étoiles variables 211
Étoiles à catastrophes 211

Voie lactée 213
Conclusion 216

CHAPITRE XII. — *Qu'est-ce qu'un Soleil?* 218

Mesure de la radiation du Soleil 218
L'incandescence des étoiles n'est pas due à une combustion.. 220
Recherche de la vraie cause de l'incandescence des étoiles... 222
Calcul de la chaleur totale du Soleil 225
Constance actuelle de la radiation solaire 227
Description du Soleil 228
Description des taches 231
Explication de la photosphère 233
Expériences 234
Explication des taches 239
Segmentation des tourbillons 244
Circulation de l'hydrogène et protubérances roses 247
Résumé 249

CHAPITRE XIII. — *Formation de l'Univers et du monde solaire.* 255

Formation d'une étoile isolée 260

Pages.
Étoiles doubles..... 262
Système solaire..... 264
Formation d'anneaux circulaires..... 266
Formation de planètes au sein des anneaux..... 268
Satellites directs..... 271
Formation des comètes..... 273
Satellites rétrogrades..... 274
Ensemble du système solaire..... 278

Chapitre XIV. — *Concordances géologiques*..... 280

La Terre formée avant le Soleil..... 280
Explication du grand phénomène paléothermal..... 283
Tableau des époques cosmogoniques..... 289
Tableau des époques géologiques..... 290

Chapitre XV. — *De la vie dans l'Univers*..... 295

Conditions de la vie dans l'Univers..... 299
Fin du monde actuel..... 308

SUR

L'ORIGINE DU MONDE.

THÉORIES COSMOGONIQUES DES ANCIENS ET DES MODERNES.

INTRODUCTION.

LA SCIENCE ET L'IDÉE DE DIEU.

En fait de cosmogonie, il est difficile de ne pas heurter des sentiments éminemment respectables. J'aurai beau dire que la cosmogonie de Laplace, une de celles dont je vais faire la critique et que je m'efforcerai de remplacer, est acceptée par les théologiens instruits et qu'elle était exposée naguère au Collège Romain par les Jésuites (1), on n'en trouvera pas moins bien étrange que la Science moderne fasse reculer l'intervention divine jusqu'aux dernières limites, jusqu'au chaos, et que l'on n'y ait recours que là où l'on ne peut plus faire autrement. Tel est en effet l'esprit de la Science : je dirai même, tels sont sa raison d'être et son droit.

Il appartient au philosophe de montrer comment cette tendance scientifique se concilie avec la notion supérieure de la Providence.

Une chose plus grave, ce serait la crainte de voir sombrer, sous l'échafaudage hardi de nos tentatives cosmogoniques, la vieille démonstration de l'exis-

(1) *Voir* le Livre du P. Secchi, intitulé *le Soleil,* 1re édition, p. 332.

tence de Dieu tirée des merveilles du ciel : *Cœli enarrant gloriam Dei.*

Les cieux, en effet, n'existent pas : c'est une conception depuis longtemps ruinée de l'Astronomie grecque. Le ciel lui-même, le firmament, n'existe pas : c'est un effet d'optique aérienne. Les astres, le beau Soleil, les étoiles brillantes ne sont que de la matière condensée et devenue incandescente comme le fer qu'on frapperait à coups redoublés. L'ordre admirable de la création ne se retrouve guère dans l'univers qu'on va vous présenter, ou du moins il n'est pas saisissable dans cette immensité où se perd la pensée humaine, et celui qu'on remarque dans notre petit monde solaire résulte simplement des lois ordinaires de la Mécanique et des conditions où s'est trouvé, à l'origine, le chaos d'où il est sorti.

Cependant l'argument subsiste : il subsistera tant qu'il y aura un homme pour contempler le ciel ; mais il ne tient pas à l'idée plus ou moins exacte qu'on se fait de cet univers. Nous allons parcourir tous les systèmes cosmogoniques : vous verrez qu'aucun d'eux, à l'exception de celui de Lucrèce qui est absurde, n'ajoute ni n'enlève un iota à la force de l'argument.

Ce qui nous frappe lorsque nous levons les yeux au ciel, ce qui nous arrache un moment au cercle des préoccupations matérielles, ce qui éveille en nous la pensée avec l'admiration, c'est la douce clarté du jour, c'est ce Soleil radieux qui nous mesure sa lumière et sa chaleur en animant la nature entière, ce sont ces étoiles qui ponctuent si gracieusement de leurs feux la voûte du ciel et font succéder, à l'excitation du jour, le calme et la sérénité de la nuit. Nous

admirons les mouvements réguliers des astres, leurs retours qui ne manquent jamais : c'est là pour nous la première des conditions d'existence, car notre vie matérielle ne tient qu'à un fil dont le bout est là-haut. Et, pour sentir ce lien qui nous rattache au monde et nous fait remonter jusqu'à Dieu, il n'est pas besoin de science. Peu importent les rouages et les mystérieux ressorts de ce vaste univers. L'impression immédiate et la réaction intellectuelle qui s'ensuit sont les mêmes chez le savant et chez l'ignorant, aujourd'hui comme il y a dix mille ans. Cette impression suffit, toute vague qu'elle paraisse quand j'essaye de l'analyser. Nous sentons, pour ainsi dire, notre pensée s'élever jusqu'à la notion d'un monde supérieur aux petites choses qui nous entourent. Nous contemplons, nous connaissons, au moins dans sa forme immédiatement saisissable, ce monde qui, lui, ne connaît rien. Ainsi il y a autre chose que les objets terrestres, autre chose que notre propre corps, autre chose que ces astres splendides : il y a l'intelligence et la pensée. Et comme notre intelligence ne s'est pas faite elle-même, il doit exister dans le monde une intelligence supérieure d'où la nôtre dérive (1). Dès lors, plus l'idée qu'on se fera de cette intelligence suprême sera grande, plus elle approchera de la vérité. Nous ne risquons pas de nous tromper en la considérant comme l'auteur de toutes choses, en reportant à elle ces splendeurs des cieux qui ont éveillé notre pensée, en croyant que nous ne lui

(1) C'est le raisonnement de Descartes condensé : *je pense, donc Dieu est.*

sommes ni étrangers ni indifférents, et finalement nous voilà tout préparés à comprendre et à accepter la formule traditionnelle : Dieu, Père tout-puissant, Créateur du Ciel et de la Terre.

Quant à nier Dieu, c'est comme si de ces hauteurs on se laissait choir lourdement sur le sol. Ces astres, ces merveilles de la nature seraient l'effet du hasard ! Notre intelligence, de la matière qui se serait mise d'elle-même à penser ! L'homme redeviendrait un animal comme les autres ; comme eux il jouirait tant bien que mal de cette vie sans but, et finirait comme eux après avoir rempli ses fonctions de nutrition et de reproduction !

Il est faux que la Science ait jamais abouti d'elle-même à cette négation. Celle-ci se produit à certaines époques de luttes contre les institutions du passé. Ainsi l'on rencontre quelques philosophes athées à la chute de l'antique société gréco-romaine, à la fin du XVIII^e^ siècle, aujourd'hui encore sans doute, parce qu'il est dans le génie de la lutte de chercher à briser une arme dans la main des adversaires. Que la lutte cesse, et bientôt les esprits reviennent aux vérités éternelles, tout étonnés, au fond, de les avoir combattues si longtemps. Un des plus admirables retours de ce genre, c'est le vote par lequel la Convention a déclaré, le 7 mai 1794, que la Nation française reconnaît l'existence de l'Être suprême.

Voilà ce que j'avais à dire de Dieu dont il appartient à la Science d'examiner les œuvres (1).

(1) Cette dernière phrase est de Newton (*voir* Chap. VIII).

PREMIÈRE PARTIE.

IDÉES COSMOGONIQUES DES PREMIERS TEMPS.

L'ASTRONOMIE PRIMITIVE.

L'univers immense, peuplé de mondes plus étranges les uns que les autres, d'astres incandescents qui se meuvent en tout sens bien plus vite que des boulets de canon, ne se révèle pas tel qu'il est à nos yeux. Il semble que, par une douce sollicitude, cet univers effrayant soit réduit pour nos sens aux proportions d'un nid où les premières familles humaines ont pu vivre et se développer sans que l'imagination fût trop tôt tourmentée par d'inquiétants problèmes. Le ciel serein, en forme de dôme gracieusement teinté d'azur, un horizon de quelques lieues, des astres tout petits qui semblent se rallumer chaque jour pour nous verser une bienfaisante chaleur ou une douce clarté, voilà le résumé de nos impressions et le cadre où se mouvaient nos premières pensées. L'homme était alors un enfant sous bien des rapports ; il se demandait si, en marchant toujours devant lui, il ne tarderait pas à toucher les bornes de cet univers, c'est-à-dire la voûte du ciel, là où elle retombe sur l'horizon.

Il a marché longtemps ; la vie nomade et surtout

les grandes migrations ont entraîné au loin des tribus entières; mais personne n'a touché le ciel de la main. Première déception et en même temps premier enseignement. Ainsi le sol qui nous porte va bien au delà de l'étroit horizon où l'on s'était cru enfermé. Ce dôme du ciel doit recouvrir l'immense planitude de la Terre. Les astres qui s'y meuvent régulièrement ne sont pas des feux passagers, mais des parties d'un grand tout auquel conviendra désormais le nom d'univers. L'univers, c'est donc le ciel et l'horizon de chacun de nous démesurément élargis en dépit du témoignage de nos sens, élargis par l'expérience et la réflexion des premiers hommes, de ceux qui ont longuement erré sur la Terre avant de s'y fixer. La Terre immense est une sorte de domaine dont les hommes n'ont plus qu'à prendre possession. Déjà on se préoccupe des mouvements variés du Soleil et de la Lune, parce qu'il y a là des éléments de prévision nécessaires aux sociétés naissantes, surtout à celles qui, fixées au sol, doivent compter, pour vivre, avec la vicissitude des saisons. L'Astronomie primitive naît et se développe ; c'est celle que nous appelons sphérique et que nous enseignons encore aujourd'hui sous ce nom, tout en parlant, comme les primitifs, le langage des apparences, n'ayant pas honte de dire comme eux : le Soleil se lève ou se couche, nous voici à la nouvelle Lune, etc.

Seulement les notions de Physique ne pouvaient progresser aussi vite que l'étude des plus simples mouvements : bien des siècles passeront avant qu'on se rende compte de ces choses qu'on ne voit pas, et qui pourtant jouent un si grand rôle autour de nous,

l'air et la vapeur d'eau. Telle est l'époque peu avancée, mais non dénuée de science, dont nous allons examiner les idées cosmogoniques.

N'oublions pas qu'à cette époque nous sommes déjà loin de la première impression de nos sens, de ce petit horizon et de ce petit ciel qui est tout l'univers de tant de millions d'hommes, et qui est encore le nôtre à tous, celui de tous les jours quand nous cessons de penser. Déjà la Science débutante a changé tout cela ; la Terre est un immense disque plat recouvert d'un dôme céleste qui contient tout, les dieux, les astres et les nuées.

CHAPITRE I.

MOÏSE ET LA GENÈSE.

La Genèse est à la fois la plus ancienne tradition religieuse et le plus ancien monument de la Science primitive ; mais ajoutons immédiatement que, si les plus hautes vérités religieuses ont été communiquées au monde par l'intermédiaire d'hommes inspirés, cette inspiration n'a jamais porté sur les questions d'ordre scientifique.

Imaginerez-vous que Dieu ait autrefois révélé la vérité scientifique sur un point quelconque ? Mais personne ne l'aurait comprise. Aujourd'hui encore nous ne la comprendrions pas ; les mots même manqueraient pour l'exprimer.

Représentons-nous donc un homme inspiré de Dieu, ayant reçu en dépôt des vérités ou des prescriptions qu'il doit transmettre à ses contemporains et aux âges futurs. Ces vérités, d'ordre moral ou religieux, sont, au rebours des vérités de la Science, immédiatement accessibles à toutes les intelligences ; mais, pour les imprimer énergiquement dans les esprits, il faut souvent leur donner une forme concrète et parler de choses purement matérielles. Ne sachant rien de plus que les autres hommes sur ces choses-là, l'écrivain sacré en parlera comme tout le monde. Dès lors la forme de son récit nous fera con-

naître les idées qui régnaient dans ces temps reculés. Tel est le point de vue où nous nous placerons pour étudier le premier Chapitre de la Genèse.

Création du Monde et de l'Homme.

1. Au commencement Dieu créa le ciel et la terre.

2. La terre était informe et vide; les ténèbres couvraient la face de l'abîme, et l'esprit de Dieu planait sur les eaux.

3. Or Dieu dit : Que la lumière soit, et la lumière fut.

4. Dieu vit que la lumière était bonne, et il sépara la lumière d'avec les ténèbres.

5. Il donna à la lumière le nom de jour, et aux ténèbres le nom de nuit; et du soir et du matin se fit le premier jour.

6. Dieu dit aussi : Que le firmament soit fait au milieu des eaux et qu'il sépare les eaux d'avec les eaux.

7. Et Dieu fit le firmament : et il sépara les eaux qui étaient sous le firmament d'avec celles qui étaient au-dessus du firmament. Et cela se fit ainsi.

8. Et Dieu donna au firmament le nom de ciel; et du soir et du matin se fit le second jour.

9. Dieu dit encore : Que les eaux qui sont sous le ciel se rassemblent en un seul lieu, et que l'élément aride paraisse. Et cela se fit ainsi.

10. Dieu donna à l'élément aride le nom de terre, et il appela mer toutes ces eaux rassemblées. Et il vit que cela était bon.

11. Dieu dit encore : Que la terre produise de l'herbe verte qui porte de la graine, et des arbres fruitiers qui portent du fruit chacun selon son espèce, et qui renferment leur semence en eux-mêmes pour se reproduire sur la terre. Et cela se fit ainsi.

12. La terre produisit donc de l'herbe verte qui portait de la graine selon son espèce, et des arbres fruitiers qui renfermaient leur semence en eux-mêmes, chacun selon son espèce. Et Dieu vit que cela était bon.

13. Et du soir et du matin se fit le troisième jour.

14. Dieu dit aussi : Que des corps lumineux soient faits dans le firmament, afin qu'ils séparent le jour d'avec la nuit, et qu'ils servent de signes pour marquer les temps et les saisons, les jours et les années.

15. Qu'ils luisent dans le firmament, et qu'ils éclairent la terre. Et cela se fit ainsi.

16. Dieu fit donc deux grands corps lumineux, l'un plus grand pour présider au jour, et l'autre moindre pour présider à la nuit; il fit aussi les étoiles.

17. Et il les mit dans le firmament pour luire sur la terre.

18. Pour présider au jour et à la nuit, et pour séparer la lumière d'avec les ténèbres. Et Dieu vit que cela était bon.

19. Et du soir et du matin se fit le quatrième jour.

20. Dieu dit encore : Que les eaux produisent des animaux vivants qui nagent dans l'eau, et des oiseaux qui volent sur la terre sous le firmament.

21. Dieu créa donc les grands poissons, et tous les animaux qui ont la vie et le mouvement, que les eaux produisirent chacun selon son espèce, et il créa aussi tous les oiseaux selon leur espèce. Il vit que cela était bon.

22. Et il les bénit en disant : Croissez et multipliez-vous, et remplissez les eaux de la mer, et que les oiseaux se multiplient sur la terre.

23. Et du soir et du matin se fit le cinquième jour.

24. Dieu dit aussi : Que la terre produise des animaux vivants chacun selon son espèce, les animaux domestiques, les reptiles et les bêtes sauvages de la terre selon leurs différentes espèces. Et cela se fit ainsi.

25. Dieu fit donc les bêtes sauvages de la terre selon leurs espèces, les animaux domestiques et tous les reptiles, chacun selon son espèce. Et Dieu vit que cela était bon.

26. Il dit ensuite : Faisons l'homme à notre image et à notre ressemblance, et qu'il commande aux poissons de la mer, aux oiseaux du ciel, aux bêtes, à toute la terre, et à tous les reptiles qui se meuvent sur la terre.

27. Dieu créa donc l'homme à son image; il le créa à l'image de Dieu ; il les créa mâle et femelle.

28. Dieu les bénit et leur dit : Croissez et multipliez-vous;

remplissez la terre, et vous l'assujettissez, et dominez sur les poissons de la mer, sur les oiseaux du ciel, et sur tous les animaux qui se meuvent sur la terre.

29. Dieu dit encore : Je vous ai donné toutes les herbes qui portent leur graine sur la terre, et tous les arbres qui renferment en eux-mêmes leur semence, chacun selon son espèce, afin qu'ils vous servent de nourriture.

30. Et à tous les animaux de la terre, à tous les oiseaux du ciel, à tout ce qui se meut sur la terre, et qui est vivant et animé, afin qu'ils aient de quoi se nourrir. Et cela se fit ainsi.

31. Dieu vit toutes les choses qu'il avait faites; et elles étaient très bonnes. Et du soir et du matin se fit le sixième jour.

---

1. Le ciel et la terre furent ainsi achevés avec tous leurs ornements.

2. Dieu termina au septième jour tout l'ouvrage qu'il avait fait; et il se reposa le septième jour, après avoir achevé tous ses ouvrages.

3. Il bénit le septième jour, et il le sanctifia, parce qu'il avait cessé en ce jour de produire tous les ouvrages qu'il avait créés.

Ce récit contient, si je ne me trompe, deux vérités absolues et une prescription religieuse fondamentale :

1° Dieu a créé les êtres que nous voyons autour de nous et au-dessus de nos têtes. Il est seul Dieu.

2° Dieu a créé l'homme à son image.

3° Il est prescrit aux hommes de ne pas vivre comme des animaux uniquement occupés à chercher leur nourriture. Afin de concilier les exigences de la vie intellectuelle et religieuse avec celles de la vie animale, il faut établir des jours de repos, les mêmes pour tous, revenant périodiquement.

Pour donner à ces vérités une forme concrète plus saisissable, pour mieux imposer et sanctifier la prescription fondamentale du repos hebdomadaire, Moïse a eu recours à cette belle allégorie de l'ouvrier divin qui, après avoir mis six jours à parfaire sa tâche, se repose le septième jour (1). Quant aux détails, ils sont tous puisés de la manière la plus simple et la plus naturelle dans les notions courantes de cette lointaine époque, où la Science naissante se réduisait presque à la traduction immédiate de nos impressions. Et, puisqu'il s'agissait de l'emploi de six journées, c'était par la création de la lumière et la distinction du jour et de la nuit qu'il fallait commencer.

Le jour indépendant du Soleil.

Aujourd'hui nous ferions naître en premier lieu le Soleil, afin de régler tout de suite la succession des jours et des nuits. On s'est étonné, on s'est moqué même de cette idée de produire la lumière, de séparer le jour de la nuit avant la création du Soleil, et de ne faire apparaître cet astre qu'au quatrième jour. C'était à tort : la Science, même primitive, n'est pas si ridicule que cela. A l'époque où cette tradition remonte, on ignorait totalement le rôle que joue l'atmosphère dans l'éclairement du globe terrestre.

(1) Il était nécessaire que le jour du repos fût le même pour tous les hommes. Le moyen le plus simple, le seul possible même, c'était de le faire désigner par un signal céleste. De là le choix de la période de sept jours qui sépare les phases successives de la Lune. Le mois lunaire de $29\frac{1}{2}$ jours contient en effet à peu près quatre de ces périodes. Plus tard, l'écart entre les phases et la semaine s'étant fait sentir, l'institution hebdomadaire se sera dégagée de tout rapport avec les lunaisons.

On voyait le jour commencer avant le lever du Soleil et finir quelque temps après son coucher. Lorsque le Soleil est entièrement caché par un ciel couvert, le jour n'en vient pas moins à son heure, et la nuit à la sienne. Donc le Soleil ne fait pas le jour; il se montre pendant le jour et y ajoute son éclat. Cette notion toute primitive a disparu depuis longtemps; on a fini par comprendre que la Terre n'est pas plate, que l'aube du jour ne s'étend pas subitement d'un bout à l'autre de la Terre (*Job,* XXXVIII, 12 et 13). Elle est ronde et entourée d'une atmosphère dont les couches élevées reçoivent la lumière du Soleil avant que cet astre se lève sur l'horizon. Ce sont ces couches hautes de l'atmosphère qui produisent l'aurore et le crépuscule du soir. C'est l'air qui disséminc les rayons du Soleil et produit la lumière diffuse du jour, même sous un ciel couvert. Si l'idée d'attribuer au jour et à la nuit une autre origine que le Soleil a longtemps tenu bon, c'est que l'air est invisible. On la retrouve chez les Grecs personnifiée par la déesse Aurore, et chez les anciens Romains par une divinité nommée *Matuta* (*voir* plus loin *Lucrèce,* Chap. VI).

Il n'eût d'ailleurs pas été rationnel de faire apparaître le Soleil avant la voûte du ciel destinée à le recevoir; aussi retrouve-t-on la même singularité dans les autres cosmogonies, témoin Lucrèce, Ovide et la VI^e^ églogue de Virgile.

Circulation aéro-tellurique de l'eau, inconnue.

Au commencement les deux éléments, l'eau et la terre, étaient confondus; partout l'eau dominait.

L'ouvrier divin, penché sur cet abîme, en divisa les eaux en deux parties, et, pour soutenir les eaux supérieures et les séparer des inférieures, il créa la voûte solide du ciel, le firmament.

A l'époque primitive, la circulation aéro-tellurique des eaux, qui nous est si familière, était complètement ignorée. L'eau des mers, et même du sol, est soumise à une évaporation permanente qu'activent pendant le jour les rayons du Soleil. Cette eau, sous la forme de vapeur invisible, s'élève au sein de l'atmosphère et va se condenser, dans les régions froides de l'air, en nuages que le vent chasse en divers sens. De là elle retombe sous forme de pluie sur le sol et dans l'Océan, accomplissant ainsi une circulation continuelle. Mais autrefois on voyait bien tomber la pluie, seulement on ne voyait pas la vapeur qui monte pour l'alimenter : donc il devait se trouver là-haut d'inépuisables réservoirs, des trésors de pluie, de neige et de grêle, et une voûte céleste assez résistante pour les supporter.

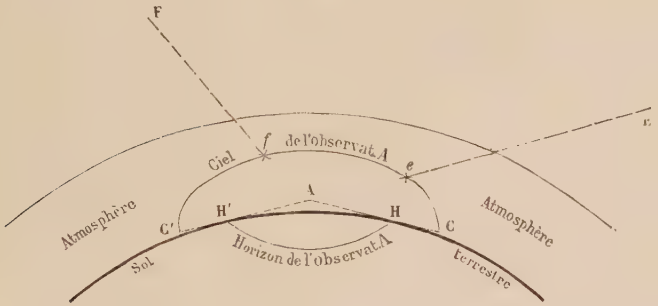
Apparence du ciel due à l'opacité de l'air.

Ce n'est pas tout. Cette voûte elle-même, ce beau dôme bleu qui semble reposer sur la terre et les eaux, a longtemps été considérée comme une réalité matérielle. Là était le trône de Dieu, là se mouvaient les astres. Même à l'époque où les hommes, à force de voyager par terre et par mer, s'aperçurent enfin, il n'y a guère plus de vingt-quatre siècles, que la Terre est ronde et que le ciel, au lieu de reposer sur elle, l'entoure de toutes parts sans la toucher, cette voûte,

transformée en sphère, était restée matérielle; on lui attribuait encore, il n'y a pas plus de trois siècles, une substance solide et transparente comme le cristal. Tâchons de nous rendre compte de cette splendide illusion d'optique, due à l'interposition de la couche d'air dans laquelle nous sommes plongés.

Les gaz ne sont pas d'une transparence absolue; ce défaut est encore singulièrement augmenté par les poussières de toute sorte, solides ou aqueuses,

Fig. 1.



que les couches les plus basses tiennent en suspension. Ces particules opaques réfléchissent en tout sens la lumière du Soleil et forment la lumière diffuse; celle-ci pénètre partout, produisant un éclairement général, sans lequel nous tomberions dans une obscurité absolue dès que nous ne recevons plus les rayons directs du Soleil. Il y a plus, ces particules opaques, bien que disséminées, forment par leur ensemble un véritable fond de tableau C*ef*C' (*fig.* 1), sur lequel les astres E, F, ... et les autres objets dont nous ne pouvons apprécier la distance viennent se peindre

en *e* et en *f* pour l'observateur placé en A, comme s'ils y étaient attachés.

Ce fond de tableau, purement atmosphérique, a la forme d'un dôme aplati dont l'axe vertical aboutit en A à l'œil du spectateur, et dont la base ne coïncide pas avec le cercle de l'horizon HH'..., mais semble reposer sur lui. Sa couleur est bleue comme celle de l'air vu par transmission sur une grande épaisseur. Même la nuit, la faible clarté qui tombe des étoiles suffit pour maintenir cette apparence. Elle subsiste encore quand on s'élève dans l'atmosphère, en ballon ou sur la cime d'une montagne. Seulement le ciel se fonce de plus en plus; sa couleur passe du bleu clair à l'indigo sombre, parce que les couchesd'air situées au-dessus de nos têtes sont moins chargées que les couches inférieures de particules opaques et capables de réfléchir la lumière. C'est ce qu'on appelle le *ciel*. Chaque spectateur a son ciel et son horizon : ces apparences se reforment pour lui et le suivent, pour ainsi dire, partout où il se transporte sur le globe.

Si l'air n'existait pas, il n'y aurait ni lumière diffuse, ni ciel. Ce serait le cas d'un spectateur placé sur la Lune, car cet astre n'a pas d'atmosphère. Sous quelle forme se présenterait alors l'univers stellaire? C'est ce qu'il est difficile d'imaginer.

Il est aisé de produire artificiellement ces phénomènes par l'expérience suivante. Dans une chambre éclairée par une lampe, pendant la nuit, regardez le ciel à travers une des vitres de la fenêtre. Sur cette vitre transparente, mais faisant aussi fonction de miroir, le plafond se réfléchira, et il se formera extérieurement une image symétrique du plafond réel.

Cette image sera comme un voile ou fond de tableau faiblement lumineux sur lequel les étoiles se dessineront en perspective. Si l'on ménage convenablement l'éclairement, on croira les voir attachées à ce ciel plan, de même qu'elles nous paraissent fixées au ciel concave formé par l'atmosphère.

Quant à cette figure du ciel en voûte plus ou moins surbaissée suivant les circonstances atmosphériques, elle n'est pas facile à expliquer. J'ai entendu dire à des aéronautes que le sol lui-même, ou la couche horizontale de nuages qui le cache parfois à leur vue, semblait se creuser de plus en plus à mesure qu'ils s'élevaient davantage. C'est comme un ciel inférieur qui tend à se former au-dessous de nous, concave comme le ciel supérieur. Si cette assimilation était fondée, on pourrait croire que la forme sphérique du fond de l'œil et de la rétine y est pour quelque chose.

Cette apparence de voûte céleste, à laquelle il est impossible de se soustraire, a joué de tout temps un grand rôle; elle le gardera toujours, bien que nous sachions à quoi nous en tenir sur son compte. Nous continuerons à dire le ciel et la Terre pour désigner l'ensemble de la création, à lever les yeux au ciel pour implorer Dieu, bien qu'à nos antipodes on regarde ainsi dans une direction diamétralement opposée à la nôtre. De même on trouve, jusque dans les Livres d'Astronomie, ces mots : *le Soleil se lève* ou *se couche*, quoique le Soleil ne bouge pas. Dans tous ces cas, en effet, le langage des apparences se fait parfaitement comprendre et suffit à tout. Ce qu'il faudrait à la rigueur reléguer dans la Genèse, ce

serait ce mot de *firmament,* car il fait double emploi avec celui de ciel et implique une idée absolument fausse.

Création tardive du Soleil.

Enfin, le quatrième jour, Dieu plaça deux grands luminaires dans le firmament : le Soleil pour dominer sur le jour et le moindre pour dominer sur la nuit. Il fit aussi les étoiles. La raison en est bien simple : il fallait que la création du firmament, qui recouvre la Terre et comprend tous les astres sous sa vaste coupole, précédât celle du Soleil. Les mêmes savants qui considèrent les jours de la Genèse comme des périodes géologiques se sont ingéniés à chercher une raison scientifique à cette apparition si tardive du Soleil. La théorie cosmogonique qu'on lira à la fin de cet Ouvrage montre qu'effectivement la Terre est bien plus ancienne que le Soleil; mais je suis loin de présenter cette coïncidence remarquable comme la solution d'une difficulté dont je viens de donner, je le crois, l'explication la plus naturelle.

Résumé scientifique de la Genèse.

Ainsi il y a, dans la Genèse, une partie scientifique qui appartient à son époque et qui peut être formulée ainsi : l'univers se compose du disque terrestre recouvert par la voûte du ciel ; sous cette voûte se meuvent les astres. Le reste s'explique aisément, comme on vient de le voir, par trois lacunes inévitables de la Science primitive.

1° On ignorait l'atmosphère parce qu'elle est invisible. On ne savait pas que l'air possède un pouvoir diffusant pour la lumière qui donne lieu au jour quand le Soleil est caché par les nuages, à l'aurore et au crépuscule quand il est sous l'horizon.

2° On ignorait la vapeur d'eau aérienne parce qu'elle est invisible; on ne savait pas qu'elle monte dans l'atmosphère jusqu'au *ciel* où elle se condense en nuages, constituant ainsi une des deux phases opposées de la circulation aéro-tellurique de l'eau. Dès lors la pluie qui tombe du ciel devait avoir en haut ses réservoirs supportés par une voûte très solide, un firmament.

3° On ignorait que l'air, malgré son invisibilité, possédât en masse un certain degré d'opacité qui se révèle à nous par l'apparence d'une voûte céleste, fond de tableau sur lequel les nuées et les astres se peignent en perspective. On ne savait pas que chaque spectateur a son ciel dont il occupe le centre et qui le suit partout.

Quant aux détails, ils s'expliquent par la nécessité de compléter les six jours voulus de la création.

Si la Genèse, au lieu de faire apparaître toute la faune terrestre d'un seul coup, place les poissons et les oiseaux au cinquième jour, et les quadrupèdes avec l'homme au sixième, c'est uniquement en vertu d'un plan préconçu que j'ai essayé d'expliquer par l'institution de la semaine, et non pour nous révéler une loi géologique. On sait d'ailleurs que les premiers animaux inférieurs sont contemporains des premières traces de la vie végétale, et qu'une flore bien caractérisée n'a pas précédé l'apparition des premiers ver-

tébrés. Là-dessus la Bible suit l'ordre naturel des choses, procédant du simple au compliqué pour aboutir à l'homme, le dernier-né, le seul être de la création qui ait reçu un caractère divin.

Il ne s'agit donc pas là de Science révélée, pour qu'au bout de quelques milliers d'années quelques docteurs parviennent à en déchiffrer le sens : c'est le langage d'une Science toute rudimentaire, le langage des apparences. Et, comme celles-ci sont encore les mêmes aujourd'hui, ce langage, débarrassé de quelques erreurs dont peu de gens d'ailleurs se rendent compte, est resté intelligible pour tous comme aux premiers temps de l'humanité.

Bien des siècles après ces premiers temps, la Science fit un nouveau pas. Les grands voyages par terre et par mer mirent en évidence certaines erreurs. On comprit que la Terre n'est pas, comme nos sens nous l'avaient fait supposer, un disque plat, surmonté d'une cloche bleue, d'un firmament où demeurent pêle-mêle les astres, les nuages et les dieux, et qui supporte les réservoirs de la pluie et de la grêle. On apprit que la Terre est ronde, sans fondations, isolée dans l'espace; que le ciel ne repose pas sur la Terre, mais qu'il l'enveloppe, comme une sphère, sans la toucher. On crut même reconnaître qu'il y avait plusieurs sphères de ce genre pour conduire la Lune, le Soleil et les autres planètes. Au lieu d'un ciel unique, il y eut sept cieux transparents, concentriques, laissant voir les étoiles fixées dans la concavité d'une huitième sphère, la dernière de toutes.

Ainsi plus de firmament, plus d'eaux supérieures placées sur cette voûte solide. La lumière ne venait

plus de l'aube pour éclairer instantanément toute la Terre : elle venait du Soleil qui éclairait successivement tous les horizons. Chose remarquable, ces nouveautés pénétrèrent dans les esprits sans que personne fît remarquer leur contradiction avec la Genèse. On admit même, dans les synagogues et dans les églises, le mot *cieux*, qui répond aux sphères concentriques de l'Astronomie grecque, au lieu du mot *ciel*, seul admissible d'après le texte formel de la Genèse (1). Toute cette Science, radicalement contraire à la Genèse, a été enseignée sans réclamation dans nos écoles jusqu'au XVII^e siècle. C'était reconnaître tacitement que les Livres saints ne font pas autorité en matière de Science.

Vers le milieu du XVI^e siècle, la Science fit un pas de plus, un grand pas, en plaçant le Soleil au centre du monde, au lieu de la Terre réduite désormais au

---

(1) On m'a objecté que le mot *ciel*, en hébreu, a la forme du pluriel, *shâmayim*, et devrait être traduit par *cieux*, malgré la Vulgate qui dit : *In principio creavit Deus cœlum et terram.* On ajoute que le mot de *firmament* (στερέωμα) ne figure que dans la traduction des Septantes suivie par saint Jérôme dans la Vulgate, et que le mot hébreu *râqîa* ne comporte pas l'idée de solidité ou de fermeté, mais seulement celle d'étendue.

Sur le second point, je ferai remarquer le verset 18 du Chapitre XXXVII du Livre de Job, où il est dit que le ciel est ferme comme un miroir d'airain. Quant au mot *shâmayim*, qui n'a pas de singulier, on doit, ce me semble, le traduire par *ciel*, malgré sa terminaison, de même qu'on traduit *Elohim* par *Dieu* et non par *les dieux*. Les anciens Hébreux, de même que les anciens Grecs, n'avaient qu'un ciel (οὐρανός), voûte solide qui recouvrait toute la Terre. L'idée des cieux multiples n'est venue que beaucoup plus tard, du fait des astronomes, et encore ces cieux n'étaient-ils ni des voûtes juxtaposées, ni des voûtes superposées, mais des sphères concentriques, solides et transparentes, ne reposant plus du tout sur la Terre.

rôle de simple planète. Les tribunaux ecclésiastiques et les synodes protestants (1) ne s'en émurent pas plus qu'ils ne s'étaient inquiétés des doctrines d'Aristote et de Ptolémée. Pendant soixante-seize ans on laissa circuler le livre de Copernic qui, d'ailleurs, avait été publié sur les instances d'un cardinal et dédié au pape Paul III.

Tout à coup les partisans de la nouvelle Astronomie furent inquiétés : on les accusa d'attaquer les Livres saints; on réussit à faire condamner comme hérésie la théorie copernicienne du mouvement de la Terre. Pourquoi ce revirement? Que s'était-il donc passé? Le voici. Depuis des siècles on expliquait dans les écoles la science tirée des livres d'Aristote et de Ptolémée. Les convictions ainsi formées de longue main, appuyées, en ce qui concerne la prétendue immobilité de la Terre, sur le témoignage grossier de nos sens, étaient devenues, pour une foule de savants bornés, aussi respectables que la religion elle-même. Et cependant les idées nouvelles se faisaient jour peu à peu et conquéraient des partisans. Elles répandaient une lumière si vive, elles étaient si bien confirmées par les découvertes qu'on faisait chaque jour dans le ciel, grâce à la récente invention des lunettes, qu'il était bien difficile de les vaincre par la discussion. Les vieux partisans d'Aristote et de Ptolémée, trop

(1) Cependant Mélanchton lui-même, si libéral et si conciliant, confiait à ses amis l'inquiétude que lui causaient les nouvelles idées; on devrait, disait-il, pousser l'autorité à étouffer, par tous les moyens dont elle dispose, une doctrine si pernicieuse et si contraire à la religion.

aisément battus, à bout de raisons, tournés en ridicule, sentant leur crédit ébranlé, s'irritèrent, et ceux qui avaient les premiers porté de si rudes coups à la Bible, qui avaient brisé le firmament pour le remplacer par leurs cieux absurdes, et rasé les fondations de la Terre, portèrent leur querelle devant la Congrégation de l'Index, accusant les novateurs d'hérésie, parce qu'ils soutenaient la rotation de notre globe, et faisaient ainsi crouler leur monstrueux échafaudage de sphères cristallines emboîtées l'une dans l'autre. Les Copernicien auraient eu beau jeu s'ils avaient rétorqué l'accusation d'hérésie contre les doctrines de leurs adversaires. Il leur aurait été facile d'y montrer la marque profonde du polythéisme. Diviniser les astres, comme le faisait la Science grecque, ou leur attribuer une essence surnaturelle et une action directrice sur les événements humains comme on le faisait de leur temps, c'était aller bien plus à l'encontre de l'idée chrétienne que le fait de contredire une manière de parler du Livre de Josué, dans un passage dépourvu de toute importance doctrinale. Quant aux théologiens de la Congrégation de l'Index, peu compétents en fait d'Astronomie, leur tort fut d'avoir épousé naïvement la querelle des sectateurs d'Aristote et de Ptolémée. Ils auraient dû leur répondre : « La religion vient de Dieu ; la science vraie ou fausse vient des hommes ; allez vider votre querelle dans vos livres ou dans vos écoles. » Mais depuis longtemps cette erreur est réparée ; le décret qui condamnait le Livre de Copernic a été rapporté, et il est ainsi reconnu officiellement que la Science n'est pas d'inspiration divine.

Ne quittons pas ces temps primitifs sans rendre hommage au premier Chapitre de la Genèse. Il prouve que l'humanité n'a débuté ni par les niaiseries du fétichisme, ni par les gracieuses absurdités du polythéisme ou par les rêveries dégradantes de l'Astrologie.

DEUXIÈME PARTIE.

IDÉES COSMOGONIQUES DES ANCIENS.

Les notions primitives, suggérées par les sens, une Terre plate comme un tambour de basque, surmontée d'une cloche bleuâtre dans laquelle demeuraient les dieux, les astres et les nuées, étaient compatibles avec un vif sentiment poétique de la nature. Les dieux, les demi-dieux, resserrés dans cette étroite enceinte, se mêlaient aux hommes et donnaient au ciel et à la Terre une radieuse jeunesse. C'était le temps où Homère, décrivant le bouclier d'Achille, y mettait, sous la voûte du ciel, une série de scènes pastorales ou guerrières avec des dieux pour acteurs. Il ne fallait pas alors un grand effort de réflexion pour embrasser

> ..... et la terre et la mer et les cieux,
> Les Pléiades en chœur, le puissant Orion,
> Et l'Ourse qui du Char acceptant le surnom,
> Fidèle au tour prescrit, vers Orion penchée,
> Seule, dans l'Océan, ne s'est jamais couchée.

Tout cela, avec les cités en paix, les combats guidés par Mars ou Pallas, les campagnes fécondes, les danses de la jeunesse dirigées par un chantre aimé des dieux, pouvait tenir sur un bouclier forgé par Vulcain et encadré par le grand fleuve Océan. S'il y

avait là tous les éléments d'une aimable poésie qui a vieilli un peu parce qu'elle est trop jeune pour nous, on n'y trouvait pas le moindre élément de spéculation philosophique, rien qui révélât à la race grecque le génie aigu et puissant dont elle était douée à cet égard.

La Science ne se renouvelle qu'au prix d'une lutte contre les opinions préconçues. Cette lutte n'est pas le fait des esprits contemplatifs : on ne s'y engage pas de propos délibéré, on s'y laisse entraîner par les besoins de la vie pratique qui mettent l'homme en contact avec la nature et le forcent à envisager les conséquences fatales de ses erreurs. Ainsi l'idée cosmogonique que nous venons d'exposer était un progrès, mais elle impliquait le préjugé de la Terre plate et du ciel posé par-dessus qui la recouvre comme une vaste voûte solide. Le polythéisme avait consacré ces préjugés en faisant naître toute la hiérarchie des dieux des épousailles de ce ciel avec la Terre. Les poètes, les philosophes, même les géomètres en seraient restés là, si les navigateurs n'avaient eu besoin d'y regarder de plus près et si les peuples agricoles n'avaient été forcés, sous peine de famine, d'avoir un bon calendrier. Et comme nous allons assister à l'une des plus grandes évolutions de l'esprit humain, celle par laquelle il a été forcé de reconnaître que la Terre n'est pas plate et que le ciel n'est pas posé dessus, je demande au lecteur la permission de dire rapidement comment et par qui ces dangereuses nouveautés ont été introduites. Nous verrons ensuite les philosophes s'en emparer, les répandre et baser là-dessus de nouvelles spéculations cosmo-

goniques; mais les vrais auteurs sont les navigateurs, et les collèges d'observateurs que les nations agricoles avaient institués à l'ombre des temples, pour l'observation régulière des astres, en Chine, en Chaldée et en Égypte.

Les navigateurs.

Tant que le commerce se borna au simple cabotage, les connaissances astronomiques n'étaient guère nécessaires. Il en fut autrement lorsque les peuples maritimes, les Grecs et surtout les Phéniciens, entreprirent de fonder au loin des colonies ou des comptoirs. Alors il fallut perdre les côtes de vue et savoir naviguer en pleine mer. Essayons d'esquisser l'astronomie d'un pilote grec ou phénicien de ces temps-là.

Il a fallu tout d'abord faire une étude détaillée du ciel, grouper les principales étoiles en constellations de manière à les reconnaître à première vue; distinguer le pôle au moyen des constellations qui tournent autour de ce point sans se coucher jamais; noter les étoiles équatoriales afin de déterminer, par leur lever ou leur coucher, les vrais points d'est ou d'ouest. Virgile dépeint Palinure, le pilote probablement phénicien que les Troyens avaient dû embaucher pour conduire leur flottille dans le bassin occidental de la Méditerranée, alors si peu connu; il se tient à l'arrière, l'œil au ciel, veillant, pour s'orienter, au coucher des étoiles :

Sidera cuncta notat tacito labentia cœlo.

Mais il faut remonter plus haut. Voici comment

Homère décrit le voyage d'Ulysse quittant l'île de Calypso pour gagner celle de Corfou, sur un radeau construit de ses mains. La déesse lui a donné la route :

Au vent propice et doux que la déesse envoie,
Ulysse ouvre sa voile et s'assied plein de joie,
Guidant le gouvernail d'un soin industrieux
Sans que le lourd sommeil puisse fermer ses yeux.
Pilote vigilant, de ses regards avides,
Il observe toujours les Pléiades splendides,
Et le Bouvier qui tarde à quitter l'horizon,
Et l'Ourse qui du Char acceptant le surnom,
Fidèle au tour prescrit, vers Orion penchée,
Seule, dans l'Océan, ne s'est jamais couchée.
Instruit par la Déesse, à la gauche des cieux
Il laisse, en naviguant, cet astre radieux,
En dix-sept jours franchit les humides campagnes,
Quand des Phéaciens les ombreuses montagnes
Paraissent, et leur île, aux regards du héros,
Telle qu'un bouclier se dresse sur les flots.

A cette époque, en effet, il y a trois mille ans, la constellation du Bouvier, en grande partie circompolaire, avait bien de la peine à quitter l'horizon, tandis que la grande Ourse, plus voisine du pôle qu'aujourd'hui, devait servir à marquer le nord. En laissant à gauche le point élevé autour duquel tournent chaque jour ces sept étoiles, Ulysse naviguait droit vers l'est. C'était bien son chemin. Il fallait néanmoins qu'on eût à cette époque une grande habitude de la mer pour imaginer ce trajet à la voile, sur un simple radeau, et il fallait aussi qu'Homère eût une connaissance exacte du ciel de son temps (il est aisé de le

reconstituer aujourd'hui par un calcul de précession) pour avoir si bien réussi sa description.

Mais Homère ne dit pas comment il fallait s'y prendre pendant le jour, alors qu'on ne voit ni les Pléiades, ni le Bouvier, ni la grande Ourse. Un pilote devait connaître le cours annuel du Soleil et s'être fait une sorte de mémorial de ses mouvements à travers les constellations zodiacales. En effet, le Soleil ne se couche pas toujours au même point de l'horizon comme les étoiles : le lever et le coucher d'été diffèrent grandement du lever et du coucher d'hiver. C'était déjà presque toute l'Astronomie.

Tant que la navigation resta confinée dans la Méditerranée, qui est toute en longitude et n'a guère que 10° à 15° de largeur en latitude, les marins et les voyageurs ne durent pas être bien frappés de la différence des climats, selon le terme employé par les anciens géographes. Mais, lorsqu'on se fut aperçu, dans le commerce des Indes, que sur la mer Rouge, à la hauteur de Syène, le Soleil culmine au zénith, vers le solstice d'été, en sorte qu'un homme debout n'a pas d'ombre à midi; qu'en allant plus au sud le Soleil passe au nord à midi, en été, et qu'un homme qui regarde le couchant n'a pas son ombre à sa droite comme chez nous, mais à sa gauche; lorsque les commerçants qui allaient chercher l'étain en Angleterre et l'ambre sur les bords de la Baltique voyaient disparaître au sud certaines constellations familières, et entendaient dire qu'en allant encore plus loin on arrivait à un pays où le Soleil, au solstice d'été, ne se couche pas de toute la journée, qu'il devient dans ces pays-là circompolaire comme la grande Ourse chez

nous, il fallut bien, en dépit de la croyance universelle et des antiques préjugés, en venir à cette idée hardie, singulièrement subversive, que la Terre n'est pas plate comme un immense disque; qu'elle est ronde comme une boule; que le ciel n'est pas une voûte retombant sur ce disque plat, mais qu'il entoure le globe terrestre, sans le toucher, comme ferait une sphère concentrique à cette boule. Alors les couchers et les levers des astres sont une pure illusion : ils continuent à circuler éternellement dans ce ciel autour de la boule-Terre. La nuit, le Soleil continue à briller, mais sur d'autres horizons : il éclaire la région de cette boule qui nous est opposée. Cette région opposée n'est donc pas le royaume de Pluton. Sans doute il y a là des terres et c'est peut-être par elles que les Indes et le pays mystérieux de la soie vont rejoindre l'Europe du côté des colonnes d'Hercule : car, en somme, cette boule terrestre ne doit pas être bien grande. Dès lors leurs habitants ont les pieds opposés aux nôtres et, au lieu du séjour des mânes, c'est le séjour de nos *antipodes*.

Ce fut là une vraie révolution, une violence faite à l'esprit humain, une atteinte aux divinités du polythéisme, condamnées désormais à rouler perpétuellement autour de nous. Aussi que de temps ne fallut-il pas pour propager ces notions inquiétantes! D'ailleurs les marins, les voyageurs commerçants ne se chargeaient pas d'enseigner l'Astronomie et de réformer les erreurs populaires sur le système du Monde. Il était plutôt dans les habitudes de ces corporations de garder pour elles le fruit de leur longue expérience. Notons toutefois que les premiers chefs d'Écoles phi-

losophiques en Grèce, Thalès et Pythagore, étaient d'origine commerciale : le premier était Phénicien, le second avait longtemps navigué avec son père, Tyrien.

Observatoires officiels des temples.

Mais passons aux observatoires fixes, ces créations si remarquables de la plus haute antiquité. Les grandes sociétés qui, les premières, se décidèrent à rompre avec la vie nomade et à demander à la culture du sol tous leurs moyens d'existence, l'empire Chinois, la Chaldée et l'Égypte, ont eu besoin, dès leurs débuts, d'étudier la marche du Soleil et de déterminer exactement la durée de l'année. C'était la base de toute prévision pour des peuples obligés de compter, beaucoup plus que les nomades, avec la vicissitude des saisons qui ramène ou supprime périodiquement la fertilité de la terre. D'autre part leurs principaux rites, datant de la vie nomade, se rattachaient aux phases de la Lune. Enfin les divinités du ciel ne pouvaient être négligées : il fallait des interprètes attitrés pour les ordres ou les avertissements qui nous viennent d'en haut. Dans les sociétés antiques où la division du travail a toujours été fortement organisée, le soin de ces études était dévolu à des collèges de lettrés ou de prêtres : il l'est aujourd'hui chez nous à nos observatoires nationaux, au Bureau des Longitudes chargé de procurer chaque année la *Connaissance des Temps* et de prédire les phénomènes célestes. Or, sans sortir de leurs temples, les prêtres chaldéens ou égyptiens, à force d'observer le

ciel et d'enregistrer les phénomènes, ont fini par découvrir que les astres n'allaient pas s'éteindre chaque soir dans le fleuve Océan : que la Lune, par exemple, est éclairée par le Soleil, même en pleine nuit. Donc le Soleil continue sa course journalière pendant la nuit, au-dessous de la Terre, pendant que la Lune, au-dessus de notre horizon, nous en renvoie la lumière par sa face éclairée. Si ces hommes ont su découvrir et enseigner aux Grecs la première inégalité de la Lune, le mouvement des nœuds de son orbite et la période des éclipses; s'ils ont pu les prédire au grand ébahissement des populations, c'est qu'ils avaient observé le ciel, pendant de longs siècles, avec suite et intelligence. Aujourd'hui encore on se plaît à remonter aux éclipses observées en Chine il y a cinq mille ans et, pour contrôler nos Tables de la Lune, nous n'avons rien de mieux que celles de Babylone, au VIII^e^ siècle avant notre ère.

Certes ces habiles observateurs étaient au-dessus des terreurs du vulgaire et n'imaginaient pas que la Lune éclipsée eût à lutter contre un dragon céleste embusqué dans l'écliptique (1) : ils n'ont pas manqué

(1) C'est à cette antique croyance que Juvénal fait allusion dans les vers connus sur une femme bavarde :

> ... Jam nemo tubas, nemo æra fatiget,
> Una laboranti poterit succurrere Lunæ.

Nos soldats ont assisté plus d'une fois en Afrique aux charivaris que les femmes mauresques exécutent sur les terrasses de leurs maisons pendant les éclipses de Lune. Les astronomes, conservateurs par excellence, ont scrupuleusement maintenu ce dragon dans leurs cartes célestes. C'est encore par l'image d'un dragon qu'ils représentent dans leurs formules le nœud ascendant de l'orbite lunaire sur l'écliptique, et c'est par le nom de *draconitique* qu'ils désignent la révolution de la Lune par rapport à ce point.

de reconnaître que c'est l'ombre de la Terre qui envahit à ces moments-là le disque de notre satellite et, comme cette silhouette y dessine toujours un arc de cercle quelles que soient les positions relatives du Soleil, de la Terre et de la Lune, ils durent en conclure que la Terre est ronde, non comme un disque, mais comme un boulet.

Ainsi les idées nouvelles ont été longuement, irrésistiblement élaborées aussi bien dans les temples que sur les vaisseaux. La Géométrie y a pris naissance, non pas, comme on le dit souvent, pour résoudre des questions d'arpentage rendues plus urgentes en Égypte par l'inondation annuelle du Nil, mais parce qu'on a fini par comprendre que les problèmes de l'Astronomie se ramènent tous à des questions de Géométrie. De cette époque date l'adage célèbre adopté par Platon : Ἀεὶ ὁ Θεὸς γεωμέτρει, que l'éditeur de ce livre a pris pour devise et qui figure ici à la deuxième page au-dessous de son chiffre.

Écoles philosophiques en Grèce.

Mais ni les corporations sacerdotales, ni les navigateurs ne répandaient au dehors leurs découvertes. Il fallait aller chez elles, dans leurs collèges, gagner leur confiance et recueillir les renseignements qu'elles voulaient bien donner aux étrangers. C'est ainsi que les premiers philosophes grecs, Thalès et Pythagore, instruits déjà par les marins, ont été chercher à Memphis et à Babylone les compléments de l'Astronomie nouvelle pour les porter dans leur pays.

Sur la terre de Grèce, féconde en esprits avides de

nouveautés et de discussions, les idées nouvelles, sorties enfin des temples et des comptoirs où elles se seraient immobilisées, devaient prendre un développement rapide, à la seule condition de s'accommoder tant bien que mal aux préjugés religieux. Mais au fond de cette Science devenue grecque, Science qui a marqué une si longue étape dans la marche de l'esprit humain, il y avait une absurdité. Des trois illusions de la Science primitive, la terre plate, immobile, recouverte d'un ciel solide, les Grecs, à l'imitation des savants de Memphis et de Babylone, se débarrassèrent de la première, mais ne surent jamais s'affranchir des deux autres. Or, du moment où l'on accepte en principe l'immobilité de la Terre, il faut bien admettre que ce sont les astres qui tournent chaque jour autour d'elle. Dès lors les conséquences absurdes se suivent et s'enchaînent fatalement. Comment des milliers d'étoiles feraient-elles pour tourner chaque jour autour de notre globe si elles n'étaient fixées dans cette sphère bleuâtre, le ciel, qui semble effectivement les porter? Les Grecs ont donc mis des gonds à cette sphère étoilée, sans se douter que ce n'est qu'une simple apparence, une pure illusion d'optique, et ils l'ont fait tourner sur un essieu invisible, la ligne des pôles, qui traverse la Terre. Et comme il y a, outre les étoiles fixes, c'est-à-dire fichées comme des clous dans le ciel bleu, des astres errants tels que la Lune, le Soleil et les cinq planètes qui, tout en se levant et en se couchant chaque jour comme les étoiles, sont animés en outre de mouvements propres bien plus lents, en sens opposé, il a fallu relier ces sept astres à sept sphères différentes, à des cieux solides mais

transparents, emboîtés l'un dans l'autre et entraînés par la rotation diurne du premier mobile (le ciel des étoiles), à peu près comme les roues d'un tourne-broche sont entraînées par le tambour moteur. Quels singuliers dieux! nous verrons tout à l'heure comment les philosophes les ont tirés d'affaire en déclarant que le mouvement circulaire et uniforme est parfait et seul digne de la divinité.

Ce n'est pas tout : cinq de ces planètes, cinq dieux par conséquent, ne s'assujettissent pas du tout au mouvement circulaire et uniforme; elles se meuvent en général de droite à gauche; mais, de temps à autre, on les voit s'arrêter, puis marcher de gauche à droite, s'arrêter de nouveau pour reprendre enfin le mouvement direct. Jamais les Grecs ne se sont tirés de là, même à l'époque de leur plus grand épanouissement scientifique. Les artifices géométriques auxquels ils eurent recours auraient dû les mettre sur la voie de la vérité, mais ils avaient les yeux fermés à l'évidence par un fond de croyance inextirpable à la divinité des astres et de l'univers.

École Pythagoricienne.

Et, à ce sujet, je prie le lecteur d'arrêter un instant sa pensée sur un phénomène psychologique, le plus étonnant peut-être qu'ait jamais présenté l'esprit humain. Le même Pythagore qui enseignait publiquement la rondeur de la Terre et les mouvements du ciel étoilé montrait ensuite à ses disciples, dans l'intimité de l'École, que ces mouvements journaliers des astres autour de la Terre étaient une simple

apparence due à la rotation de notre globe. Il disait que la Terre n'était pas au centre du monde ; cette place était occupée par le Soleil, source et réservoir de la lumière du jour (Διὸς οἶκος καὶ φυλακή), autour duquel la Terre circule en son temps et à sa place comme les autres planètes, entre l'orbite de Vénus et celle de Mars. Ainsi les étoiles ne sont pas cloucées dans la concavité d'une sphère solide tournant sur un essieu : elles sont fixes comme le Soleil, disséminées dans l'espace, hors de notre petit monde, à des distances énormes. Que si les planètes, bien plus proches de nous, semblent se mouvoir tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, s'arrêter puis se remettre en marche, ce n'est encore là qu'une apparence due au mouvement de translation annuelle de l'observateur terrestre autour du Soleil. Et si rien de semblable ne s'observe sur les étoiles, c'est que leur distance est telle que l'orbite terrestre elle-même, vue des étoiles, n'apparaîtrait que comme un simple point.

Pendant des siècles ces vérités furent enseignées par les successeurs de Pythagore avec une réserve commandée par la prudence. A ne compter que la première période, inaugurée par Pythagore lui-même, voyez cette succession de philosophes géomètres professant tous, comme le maître, le double mouvement de la Terre, depuis la fondation de l'École de Crotone en — 509, jusqu'à la naissance de Platon en — 430 : Nicétas et Ecphantus, tous deux disciples directs, puis Philolaüs dont Platon, sur ses vieux jours, acheta les écrits au prix de 10000 drachmes (9600^{fr}). Dans ce court intervalle de quatre-vingts ans,

la Géométrie elle-même avait fait de rapides progrès. Du fameux théorème sur le carré de l'hypoténuse qu'on attribue à Pythagore, elle s'était élevée, dans son École, à la théorie des cinq polyèdres réguliers, ce couronnement de la Géométrie sphérique dont Platon va tirer un si grand parti.

Mais les idées de ces hommes vraiment supérieurs ont été cruellement défigurées par les racontars des ignorants. Ils avaient contre eux les préjugés les plus tenaces de leurs contemporains qui prenaient les astres pour des divinités et faisaient naître toute la hiérarchie céleste du mariage du Ciel avec la Terre. Ils ne réussirent pas, même par le génie d'Aristarque de Samos, le seul qui ait osé mesurer la distance de la Terre au Soleil, à percer la croûte épaisse des préjugés ; elle est retombée sur eux de tout son poids, tandis que d'autres ont passé glorieusement à la postérité en accommodant la Science et la Philosophie aux opinions du vulgaire.

Je me suis demandé parfois comment il se fait que les Géomètres éminents de l'antiquité, tels qu'Euclide et le grand Apollonius, Archimède surtout qui était bien plus qu'eux en commerce avec la nature, ne se soient pas mis du côté des Pythagoriciens. Voici, si je ne me trompe, l'explication de leur abstention. Ces hommes supérieurs avaient su se tailler une science à part dans le domaine de la pensée pure : ils lui avaient donné une forme parfaite qui a servi de modèle aux plus grands esprits jusqu'à Newton, si parfaite qu'on ne trouve aujourd'hui rien de mieux, pour l'enseigner, que de rééditer textuellement leurs livres. Ils sont restés, ils ont voulu rester dans ces

régions sereines de la pensée dont parle Lucrèce :

> ..... Nil dulcius est bene quam munita tenere
> Edita doctrina sapientum templa serena,
> Despicere unde queas alios, passimque videre
> Errare.....

Mais la Géométrie, quand on la cultive pour elle-même, en dehors de toute idée d'application à la nature, ne saurait mener bien loin l'esprit humain. D'ailleurs, à cette distance, il nous est difficile de juger ces grands esprits; ajoutons seulement que la longue protestation de l'École pythagoricienne, en faveur de la vérité méconnue, nous consolerait des erreurs astronomiques que le polythéisme a fait régner jusqu'aux temps de Copernic, de Galilée et de Descartes, si nous pouvions oublier que les doctrines triomphantes ont propagé jusqu'au milieu du XVII^e^ siècle les absurdités dégradantes de l'astrologie judiciaire.

J'ai cru devoir donner ces détails historiques pour aider le lecteur à apprécier les singulières cosmogonies que nous allons passer en revue.

CHAPITRE II.

PLATON, LE TIMÉE.

Ainsi la Géométrie naissante avait fait connaître qu'il existe cinq polyèdres réguliers, les seuls dont la figure soit parfaite; on savait déjà calculer approximativement les rapports numériques de leurs dimensions à celles de la sphère qui les contient. On avait même commencé à expérimenter, c'est-à-dire à rechercher, dans quelques phénomènes, des relations susceptibles d'être évaluées en nombres, comme les rapports des lignes en Géométrie. Pythagore avait ainsi reconnu, avec une admiration profonde, que les longueurs des cordes vibrantes, donnant les sons musicaux de l'échelle diatonique des Grecs, pouvaient s'exprimer par des rapports numériques simples et constants. C'était une première manifestation de ce qu'on nomme aujourd'hui les *lois de la nature*. Platon fit de ces lois, à peine entrevues, des entités métaphysiques, des archétypes divins, c'est-à-dire des modèles éternels de toutes les choses de la nature, et c'est sur les cinq corps réguliers et les intervalles numériques des sons musicaux que le Dieu suprême a dû ordonner le monde en lui conférant un caractère divin.

Je vais tâcher de donner au lecteur une idée de l'étonnant dialogue de Platon commençant par *un, deux, trois!* où pendant plus de vingt siècles tant de

philosophes ont puisé leurs idées. Quel dommage de passer sous silence le récit de Critias sur le voyage de Solon en Égypte et sur l'antique tradition de l'Atlantide! mais il ne s'agit pas ici de Géologie et nous ne devons pas sortir de notre sujet.

Les interlocuteurs sont Socrate, Critias qui fut plus tard un des trente tyrans d'Athènes, le général syracusain Hermocrate et Timée, pythagoricien fort en Astronomie, chargé par ses amis d'exposer le système du monde (1). Je passe sur le récit merveilleux de Critias.

Socrate. — Timée, c'est maintenant à toi de parler, après avoir invoqué les dieux suivant l'usage.

Timée. — Tous les hommes, Socrate, pour peu qu'ils aient de sagesse, au moment de commencer une entreprise grande ou petite, invoquent toujours la divinité. A plus forte raison nous, qui allons discourir sur l'Univers, dire comment il existe ou s'il a toujours existé, devons-nous invoquer les dieux et les déesses, et les prier de nous inspirer un langage convenable.

Avant la formation du ciel, la matière était soumise à des forces variées. Ne pouvant être en équilibre dans aucune de ses parties, et sollicitée sans règle de tous côtés, elle était mue par toutes ces forces. Ses parties agitées se portant, les unes d'un côté, les autres d'un autre, se séparaient. Et de même que, dans le van qu'on secoue pour nettoyer le blé, les objets les plus lourds vont d'un côté, les plus légers de l'autre, de même les quatre espèces de corps, le feu, l'air, l'eau et la terre, tendaient à se séparer.

Tous ces corps étaient dans un état qui ne comportait ni raison ni mesure. Dieu les trouvant dans cet état naturel, son premier soin fut de les distinguer par les formes et les

(1) Je me servirai de la traduction de M. H. Martin, de Rennes, avec de légères modifications.

nombres. Les archétypes des formes devaient être les figures les plus parfaites de la Géométrie. La pyramide régulière, composée de quatre triangles équilatéraux, fut donc attribuée aux éléments du feu. L'octaèdre ayant huit faces pareilles et l'icosaèdre qui en a vingt constituèrent les éléments de l'air et de l'eau. Les éléments terreux plus stables eurent la forme du cube; il restait un cinquième polyèdre parfait, le dodécaèdre (qui a joué, de nos jours, un rôle si considérable dans la théorie géologique d'Élie de Beaumont). Il a douze faces comme le zodiaque a douze signes, et ces faces comprennent trois cent soixante triangles rectangles scalènes, comme il y a trois cent soixante jours dans l'année. C'est de ce dernier corps régulier que Dieu s'est servi pour tracer le plan de l'univers.

Dieu bon n'a pu produire qu'un monde parfait sur un modèle ou archétype parfait lui-même. Et, comme un être privé de vie et d'intelligence serait incomplet, il a dû doter le monde d'une âme intelligente (*anima mundi*). Ce monde, comprenant tous les êtres vivants possibles, n'a pu être qu'unique.

Ainsi rien n'a été laissé en dehors : le monde comprend la totalité du feu, la totalité de l'air, de l'eau et des terres. Sa figure est sphérique, polie extérieurement (*in seipso totus, teres atque rotundus*). Ce monde vivant n'avait besoin d'aucun organe. Des sept mouvements possibles (mouvement linéaire estimé suivant trois axes, positivement ou négativement, et une rotation), Dieu lui a attribué celui qui est le plus en rapport avec l'intelligence et la pensée, c'est-à-dire une rotation sur lui-même.

Quant à l'âme de ce monde, Dieu la forma en mêlant l'essence indivisible et toujours la même avec l'essence corporelle et divisible. Du tout il sépara d'abord une partie; puis une autre double de la première ; une troisième valant une fois et demie le mélange et trois fois la première; une quatrième double du mélange; une cinquième triple de la seconde; une sixième valant huit fois la première; une septième valant la première vingt-sept fois. Ensuite il remplit les intervalles d'un plus un tiers par des intervalles d'un plus un huitième,

laissant, de chacun des premiers, une petite partie, de sorte que l'intervalle de cette partie offrît, entre les deux nombres consécutifs, un rapport dont les termes fussent 243 et 256 : et le mélange d'où il retranchait ces parties se trouva alors complètement employé. Ce mélange étant ainsi disposé, il le coupa en deux suivant la longueur, croisa les deux parties en appliquant l'une sur le milieu de l'autre en la forme d'un X; puis il les courba en cercles et leur donna un mouvement uniforme et sans déplacement.... Mais il divisa en six parties la révolution intérieure et forma ainsi sept cercles inégaux dont les uns suivent la progression des doubles, les autres celle des triples, de sorte que chaque progression eût trois intervalles.

Lors donc que toute la composition de l'âme fut achevée suivant la volonté de son auteur, il forma en dedans d'elle le monde des corps et l'unit harmoniquement à elle, en faisant coïncider le centre du corps avec celui de l'âme. Ainsi furent formés le corps visible du ciel et l'âme invisible, mais participant à la raison et à l'harmonie des êtres intelligibles et éternels.

Quand le mouvement et la vie de cette copie parurent aux yeux du Père qui l'avait engendrée, il admira son œuvre, et, plein de joie, il conçut le dessein de la rendre encore plus semblable à son modèle. C'est alors que le Soleil, la Lune et les cinq autres astres nommés errants sont nés pour compter les nombres qui mesurent le temps. Après avoir fait leurs corps, Dieu les plaça dans des cercles décrits en sens direct (1) et qui sont comme eux au nombre de sept : la Lune dans le premier à partir de la Terre; le Soleil dans le second; Lucifer et l'étoile sacrée de Mercure dans des cercles de même révolution que le Soleil, mais dont le mouvement est de sens contraire du sien. Quant aux autres astres, si je voulais dire où il les plaça et détailler tous les motifs qui l'y engagèrent, ce sujet accessoire me donnerait plus d'occupation que le sujet principal dont il dépend.

---

(1) De droite à gauche, pour un observateur situé sur notre hémisphère.

.... Pour qu'il y eût une mesure claire de leurs rapports de vitesse et pour diriger ces huit révolutions, Dieu alluma dans le deuxième cercle, au-dessus de la Terre, cette lumière que nous nommons le Soleil, afin qu'elle brillât du plus vif éclat dans l'immensité des cieux et qu'elle fît participer à la connaissance du nombre, résultant de la révolution de ce qui reste le même et semblable à soi-même (le mouvement diurne), tous les êtres vivants auxquels convient cette connaissance. C'est ainsi et par ces raisons que naquirent le jour et la nuit, qui répondent au mouvement circulaire unique et le plus sage. Quant au mois, il dut être accompli lorsque la Lune, ayant fait sa révolution, aurait rencontré le Soleil; et l'année, quand le Soleil aurait parcouru son propre cercle.

Tout, jusqu'à la naissance du temps, fut ainsi exécuté fidèlement d'après le modèle. Mais tous les êtres vivants n'étaient pas nés; le monde ne les comprenait pas tous en lui-même, et c'était là une dernière ressemblance qui lui manquait encore avec son modèle. De même donc que les idées comprises dans l'être vivant, quand il est formé, sont vues par l'intelligence, de même il pensa que cet être devait comprendre des essences semblables et en pareil nombre. Or, il y a quatre espèces : la race céleste des dieux; une seconde espèce ailée et volant dans les airs; une troisième vivant dans les eaux; enfin une quatrième marchant sur la terre. Il commença par l'espèce divine, et ce fut principalement de feu qu'il la forma, afin qu'elle fût très brillante et très belle. Pour la rendre semblable à l'univers, il la fit parfaitement ronde et lui donna l'intelligence du bien qui la fit marcher d'accord avec l'univers entier; et il la distribua dans toute l'étendue des cieux, afin que ce monde en fût décoré tout entier. A chacun de ces dieux, il donna deux mouvements, le mouvement de rotation sur soi-même, résultat de leur persévérance continuelle dans une même pensée intérieure sur ce qui ne change pas, et le mouvement en avant, c'est-à-dire le mouvement diurne qui les emporte; mais ils les fit incapables de subir jamais les cinq autres mouvements, afin que chacun fût aussi parfait que possible. Telle est la cause de la naissance de ces astres qui n'errent jamais (les étoiles fixes), êtres

divins qui restent toujours immuablement à leurs places, où ils tournent uniformément sur eux-mêmes.

Nous avons expliqué plus haut la naissance de ceux qui vont et qui viennent, suivant une course errante (les planètes).

Quant à la Terre, qui est notre nourrice et qui fait corps avec l'essieu par lequel le monde est traversé (1), Dieu en a fait la gardienne et la productrice de la nuit et du jour, et elle est la première et la plus ancienne de toutes les divinités qui sont nées dans l'intérieur du ciel.

Quant à l'origine des autres divinités, elle est au-dessus de notre portée; mais il faut en croire ceux qui en ont parlé autrefois, qui étaient, disaient-ils, des descendants de ces dieux, et qui sans doute connaissaient bien leurs ancêtres. On ne peut donc refuser d'ajouter foi aux enfants des dieux, quoique leur récit ne s'appuie pas sur des preuves vraisemblables et convaincantes. Mais, puisqu'ils disent que c'est l'histoire de leur famille, nous devons les en croire suivant l'usage. Voici la généalogie de ces dieux d'après leur témoignage, auquel nous nous conformons. La Terre et le Ciel engendrèrent l'Océan et Thétys; de ceux-ci naquirent Phorcis, Saturne, Rhée et leurs frères. De Saturne et de Rhée, Jupiter et Junon et tous les frères qu'on leur donne et que nous connaissons tous, ainsi que les descendants qu'ils eurent encore.

Lors donc que tous les dieux, ceux qui exécutent à nos yeux leurs révolutions comme ceux qui ne se manifestent que quand il leur plaît, eurent reçu la naissance, celui qui a produit tout cet univers leur parla en ces termes : « Dieux, fils des dieux, œuvres dont je suis l'auteur et le père, produits par moi, vous êtes indestructibles parce que je le veux. En effet, tout ce qui est composé peut être dissous; mais, pour détruire ce qui est parfaitement ordonné et ce qui est bien,

---

(1) M. H. Martin a traduit : *et qui s'enroule autour de l'axe par lequel l'univers est traversé.*

La Terre, comme toutes les divinités célestes, devrait posséder un mouvement de rotation sur elle-même, mais Platon n'ose pas le dire; il suppose qu'elle est traversée par l'essieu immobile du ciel et fait corps avec cet axe comme le char avec son essieu. Telle est, je pense, l'explication des doutes que ce passage a soulevés.

il faudrait être méchant. Ainsi, puisque vous êtes nés, vous n'êtes point immortels ni indissolubles absolument, et pourtant vous ne serez jamais dissous et vous ne subirez point la mort, parce que ma volonté est pour vous un lien plus fort et plus puissant que ceux qui, à l'instant de votre formation, ont uni vos parties ensemble. Maintenant écoutez mes instructions. Trois espèces mortelles restent encore à naître : mais si je donnais moi-même à ces êtres la naissance et la vie, ils seraient égaux aux dieux. Afin donc que, d'une part, ils soient mortels, et que, de l'autre, cet univers soit vraiment l'univers, appliquez-vous suivant votre nature à la formation des animaux, imitant l'action par laquelle ma puissance vous a fait naître. Et comme il doit y avoir en eux une partie qui porte le même nom que les immortels, qui soit appelée divine, et qui ait le commandement dans ceux d'entre eux qui voudront toujours suivre la justice et les dieux, je vous en donnerai la semence et l'ébauche; et vous, ensuite, à la partie immortelle alliez une partie mortelle, formez-en les hommes, produisez-les, donnez-leur la nourriture et l'accroissement et, quand ils périront, qu'ils retournent à vous. »

Il dit, et dans le même vase où il avait, par un premier mélange, composé l'âme de l'univers, il versa les restes des mêmes éléments, et en fit un mélange à peu près de la même manière, si ce n'est qu'il n'y entra plus d'essence invariable et pure comme la première fois, mais deux ou trois fois moins parfaite. Ayant réuni le tout, il le divisa en un nombre d'âmes égal à celui des astres, et en donnant une à chaque astre, afin qu'elle fût portée par lui comme dans un char, il fit ainsi connaître à ces âmes la nature de l'univers, et leur dit ses décrets immuables sur leurs destinées : que la naissance première serait uniformément la même pour tous les animaux, afin qu'aucun n'eût à se plaindre de lui; que, semées chacune dans celui des astres, qui lui était attribué, elles devraient produire celui des animaux qui est le plus capable d'honorer la divinité; et que, le genre humain étant divisé en deux sexes, l'un serait plus parfait, savoir celui qui plus tard serait appelé viril; que, lorsqu'elles auraient ainsi été unies invinciblement à des corps, qui recevraient des parties nouvelles et

en perdraient d'autres, il en résulterait nécessairement, dans ces animaux, premièrement une sensation commune à tous, naturelle, excitée par les impressions violentes, et secondement l'amour mêlé de plaisir et de peine, et de plus la crainte et la colère et les autres affections qui viennent à la suite de celles-là, ou qui leur sont contraires : qu'en triompher, ce serait vivre avec justice; y succomber, ce serait vivre d'une manière injuste : que celui qui passerait dans la vertu le temps qui lui serait donné pour vivre retournerait habiter avec l'astre à la société duquel il était destiné, et partagerait son bonheur; que celui qui succomberait deviendrait femme dans une seconde naissance; et que si alors il persistait encore dans sa méchanceté, suivant le genre de vice auquel il se serait livré, il serait changé toujours en un animal d'une nature analogue aux mœurs qu'il se serait formées, et qu'il ne verrait le terme de ses transformations et de son supplice que lorsqu'il se laisserait conduire par la révolution du même et de l'invariable en lui, et que, triomphant ainsi par la raison de cette multitude de parties déraisonnables et désordonnées de feu, d'eau, d'air et de terre, venues plus tard s'ajouter à lui, il reviendrait à l'excellence et à la dignité de son premier état. Leur ayant donc promulgué toutes ces lois, pour n'avoir point à répondre de la méchanceté future de chacun de ces animaux, il semait les uns dans la Terre, les autres dans la Lune, d'autres dans tous les autres instruments du temps. Après cette distribution, il chargea les jeunes dieux de façonner des corps mortels, d'achever ce qui pouvait encore manquer à l'âme humaine et tout ce dont elle pouvait avoir besoin, et puis de commander à cet animal mortel et de le diriger le mieux qu'ils pourraient, à moins qu'il ne devînt lui-même la cause de ses propres malheurs.

Et celui qui venait d'établir tout cet ordre rentra dans son repos accoutumé.

Quelle différence entre la Science de ces temps et celle de la Genèse! mais aussi que de peine la Philosophie ne se donnait-elle pas alors pour remonter,

des ténèbres du polythéisme, à l'idée si nette et si pure qui domine la Genèse, celle d'un Dieu unique, créateur de l'univers.

Il ne faut pas s'y tromper : Platon n'écrivait pas pour des initiés, mais pour le grand public de son temps. On le voit bien aux artifices de narration par lesquels il débute pour engager le lecteur athénien à le suivre dans les élucubrations de son Timée. Or, en fait de nouveautés hardies, c'était tout ce que le public pouvait supporter. Le vrai Timée, le savant pythagoricien de Locres, savait bien, par exemple, que la Terre est animée d'un mouvement de rotation; il savait qu'elle n'est pas au centre du monde et que ce poste est occupé par le Soleil, régulateur suprême de tous les mouvements planétaires : mais Platon n'ose pas le lui faire dire. Il se tient ainsi au niveau des idées du temps, de la Science *acceptable* qu'Aristote se chargera de formuler magistralement un peu plus tard. Néanmoins les quelques idées pythagoriciennes que Platon a divulguées ont enthousiasmé plus d'un astronome des temps modernes. On le lisait, on le commentait encore au commencement du XVII^e^ siècle, et, parmi ces admirateurs enthousiastes, il faut compter Kepler.

Kepler a débuté par le *Mysterium cosmographicum,* où il explique le système du monde à l'aide des cinq corps réguliers de la Géométrie (^1^), et a fini par les *Harmonices mundi,* gros volume illisible où il rapporte les mouvements des planètes à l'échelle

(^1^) *Voir* dans mon *Cours d'Astronomie* la suite des idées de Kepler, t. II, p. 89.

des tons et des demi-tons d'une musique céleste dont on ne perçoit, dit-il, les accords ou la mélodie que sur le Soleil. Mais déjà se dessinait dans le monde moderne la tendance définitive à interroger directement la nature par l'expérience et l'observation. Les hommes de cette époque étaient doubles pour ainsi dire; pendant que le Kepler dominé par les idées de l'antiquité suivait les traces de Platon dans ses méditations, le Kepler moderne découvrait dans les observations de Tycho Brahe, par des calculs presque surhumains, les trois lois célèbres qui portent son nom et qui ont donné à Newton les clefs de la Science moderne.

On a dit que Platon, sur ses vieux jours, s'était repenti d'avoir placé la Terre au centre du monde. La tentative contraire aurait été dangereuse, car la doctrine de Pythagore avait le tort d'être radicalement opposée au polythéisme. Platon ne pouvait oublier le sort de son maître Socrate; il aurait sans doute trouvé un dénonciateur, comme ce philosophe Cléanthe qui accusait, un siècle plus tard, le pythagoricien Aristarque d'attenter à l'immobilité de la déesse Hestia (la Terre).

CHAPITRE III.

ARISTOTE, LE CIEL.

Platon, tout en donnant la parole à un Pythagoricien distingué, ne nous a pas tout dit. Il est certain que l'École pythagoricienne avait à ses débuts deux doctrines, l'une pour le public, l'autre pour les initiés. C'était déjà beaucoup que d'enseigner la rondeur de la Terre, malgré le témoignage de nos sens qui nous la montre plate, et de faire tourner perpétuellement tous les astres et le ciel lui-même autour de cette boule, alors que le ciel nous paraît si manifestement reposer sur l'horizon. En laissant la Terre immobile au centre du monde, on ne heurtait ni les idées religieuses du temps, ni le témoignage de nos sens qui nous suggèrent la conviction profonde de la réalité du ciel et de l'immobilité du sol qui nous porte.

On avait fait un pas bien plus grand dans cette antique École de philosophie : on y donnait à la Terre un mouvement de rotation sur elle-même, afin d'expliquer le mouvement diurne de tous les astres, et l'on mettait la Terre en mouvement autour du Soleil pour expliquer les stations et les rétrogradations des planètes dont Platon se garde bien de parler (1). Mais une telle doctrine, reproduite deux mille ans plus

(1) Il a dit pourtant, dans *les Lois*, que ces anomalies n'étaient qu'apparentes.

tard par Copernic, contredisait si brutalement toutes les apparences, elle heurtait si violemment les idées religieuses du temps qu'il y aurait eu danger à la vouloir propager en public. La suite l'a bien prouvé. On gardait donc ces vérités-là pour les plus avancés dans la secte pythagoricienne. Aussi, en dehors de cette secte, se faisait-on les idées les plus ridicules sur ce qui transpirait, dans le public, des vérités réservées. Par exemple, on a prétendu que les Pythagoriciens plaçaient au centre du monde, non pas le Soleil, mais un feu céleste que nous ne voyons pas et que le Soleil reflète vers nous comme un miroir. On assurait qu'outre la Terre Pythagore avait imaginé une anti-terre circulant aussi autour du feu central, de manière à être toujours à l'opposite de notre globe par rapport à ce feu, etc.

Malheureusement la vérité dut rester voilée pendant plus de vingt siècles encore, grâce à l'ignorance profonde des prétendus philosophes qui en ont parlé, à l'inexplicable indifférence des Géomètres grecs et surtout à l'hostilité d'Aristote.

J'aurais pu me dispenser de parler du célèbre Stagirite, car il professe que le monde est éternel; il n'y a donc pas pour lui de cosmogonie. Mais son influence a été telle sur l'esprit humain qu'on ne saurait passer ici sous silence ses vues sur le monde.

Ces vues sont analogues à celles de Platon : la Terre immobile au centre d'une série de sphères ou de cercles concentriques portant la Lune, le Soleil et les planètes, le tout entouré d'une dernière sphère portant les étoiles. Elles sont incomplètes, en grande partie erronées; mais il s'y trouve une part de vérité

féconde, désormais accessible au raisonnement. Ouvrons maintenant le livre *du Ciel* d'Aristote et nous verrons ce grand esprit travailler sur ce mélange (¹).

Après avoir établi la réalité du mouvement en général, Aristote en distingue deux essentiellement simples, le circulaire et le rectiligne. Or le mouvement circulaire est parfait, car le cercle est parfait en soi, tandis qu'une ligne droite, qu'on peut prolonger tant qu'on voudra, n'est jamais parfaite.

Si le mouvement circulaire est chose toute naturelle, il doit y avoir, parmi les corps simples et primitifs, un corps spécial dont la nature propre sera d'avoir le mouvement circulaire, et d'autres le mouvement rectiligne, tels que le feu qui monte de bas en haut ou les corps terrestres qui tombent vers le bas. Concluons qu'outre les corps qui sont ici-bas et autour de nous il y en a un autre, tout à fait isolé et dont la nature est d'autant plus relevée qu'il s'éloigne davantage de tous ceux d'ici-bas.

Il n'est pas moins conforme à la raison de supposer que le corps doué du mouvement circulaire est incréé, qu'il est impérissable, et qu'il n'est point susceptible d'accroissement ni de changement, parce que tout ce qui naît vient d'un contraire et d'un sujet préalable, et que tout ce qui se détruit se détruit également dans un sujet qui existe préalablement, et par un contraire qui passe au contraire opposé, ainsi que cela a été établi dans nos premières études. Or les tendances et les mouvements des contraires sont contraires. Si donc il ne peut rien y avoir de contraire à ce corps doué d'un mouvement circulaire, parce qu'il n'y a pas non plus de mouvement contraire au mouvement circulaire, la nature a eu raison, à ce qu'il semble, de ne pas mettre dans la série des contraires un corps qui doit être incréé et impérissable, puisque la génération et la destruction font partie des contraires. Mais toute chose

(¹) Traduction de M. Barthélemy Saint-Hilaire.

qui croît s'accroît, et toute chose qui périt périt par l'addition de quelque chose qui lui est homogène et par sa dissolution dans la matière; or le corps qui se meut circulairement n'a pas de principe d'où il soit venu. Si donc il y a un corps qui ne soit pas susceptible d'accroissement ni de destruction, la conséquence à tirer de cette même remarque, c'est que ce corps n'est pas davantage susceptible d'altération; car l'altération est un mouvement dans la qualité. Or, les habitudes, les dispositions de la qualité ne peuvent pas se produire sans des changements dans les modifications qu'elle subit; et je cite par exemple la santé et la maladie. Mais nous voyons que les corps naturels, qui changent en subissant des modifications, éprouvent tous soit accroissement, soit dépérissement; et tels sont, par exemple, les corps des animaux et les parties qui les composent, celles des plantes et celles même des éléments.

Si donc le corps qui a le mouvement circulaire ne peut ni recevoir d'accroissement ni subir de dépérissement, il est tout simple de penser qu'il ne peut pas non plus éprouver d'altération quelconque. Par suite on voit, pour peu que l'on ait quelque confiance aux principes que nous venons de poser, qu'il doit évidemment résulter de ce que nous avons dit que ce premier de tous les corps est éternel, sans accroissement ni dépérissement, à l'abri de la vieillesse, de l'altération, et de toute modification quelle qu'elle soit.

Il semble, du reste, que le raisonnement vient ici à l'appui des faits, et que les faits ne viennent pas moins à l'appui du raisonnement. En effet, tous les hommes, sans exception, ont une notion des Dieux, et tous ils attribuent à la Divinité le lieu le plus haut, Grecs comme barbares, pourvu qu'ils croient à l'existence des Dieux; en d'autres termes, ils entremêlent et réunissent ainsi l'immortel à l'immortel, parce qu'il serait impossible qu'il en fût autrement. Si donc il existe quelque chose de divin, comme en effet ce quelque chose existe, il en résulte que ce qu'on vient de dire ici sur la première essence des corps est bien profondément vrai. Mais il suffit de l'observation de nos sens pour nous en attester la parfaite exactitude, à ne parler ici que dans la mesure de la croyance due aux

témoignages humains. En effet, dans toute la série des temps écoulés, selon la tradition transmise d'âges en âges, il ne paraît pas qu'il y ait jamais eu le moindre changement ni dans l'ensemble du ciel observé jusqu'à ses dernières limites, ni dans aucune des parties qui lui sont propres. Il semble même que le nom s'est transmis depuis les anciens jusqu'à nos jours, les hommes des temps les plus reculés ayant toujours eu la même opinion que nous exprimons en ce moment. C'est qu'il ne faudrait pas croire que les mêmes opinions soient arrivées jusqu'à nous une ou deux fois seulement : ce sont des infinités de fois.

Aux Chapitres suivants Aristote définit la pesanteur et la légèreté. Le corps dont le mouvement est circulaire ne peut avoir ni l'une ni l'autre de ces qualités : il est incréé, impérissable et incorruptible. Ce corps est le ciel qui couvre tous les astres, et dont le globe terrestre occupe le centre.

On voit donc, d'après tout ce qui précède, que l'ensemble du ciel n'a pas été créé, qu'il ne peut périr comme le disent quelques philosophes; il est éternel et n'a ni commencement ni fin.... En outre, le ciel ne connaît pas de fatigue, parce qu'il n'a pas besoin qu'en dehors de lui une nécessité violente le contraigne et lui imprime un mouvement contraire à celui qu'il aurait naturellement; car tout mouvement contre nature est d'autant plus pénible et fatigant qu'il est plus durable, et qu'il n'est pas conforme à la meilleure disposition possible. Voilà pourquoi il ne faut pas croire à cette vieille fable d'après laquelle le monde, pour se conserver tel qu'il est, aurait besoin de quelque Atlas.

Il ne serait pas non plus raisonnable de croire que le ciel ne demeure éternellement ce qu'il est que par l'action d'une âme qui l'y force nécessairement. L'âme ne saurait avoir, à ces conditions, une existence tranquille et fortunée.... Il n'y aurait pas pour cette âme, comme pour l'âme des animaux mortels, un repos, un délassement du corps dans le sommeil,

et l'on verrait ainsi dans le monde une âme éternelle et infatigable qui subirait en quelque sorte le supplice d'Ixion.

Comme le mouvement circulaire ne peut pas être contraire au mouvement circulaire (ce qui arrive pour le mouvement rectiligne), nous avons à examiner pourquoi il y a plusieurs révolutions dans ces corps célestes.... Toute chose qui produit un certain acte est faite en vue de cet acte; or l'acte de Dieu, c'est l'immortalité; en d'autres termes, c'est une existence éternelle : donc il faut nécessairement que le divin ait un mouvement éternel. Mais le ciel a cette qualité, puisqu'il est un corps divin; et voilà pourquoi il a la forme sphérique qui, par sa nature, se meut éternellement en cercle. Or comment se fait-il que le corps entier du ciel ne présente pas ce seul et unique mouvement? C'est qu'il faut nécessairement qu'une partie du corps qui se meut circulairement reste en place et en repos; et c'est la partie qui est au centre.

Ainsi la Terre doit être au centre et y demeurer en repos. Mais si la Terre existe, il faut nécessairement que le feu existe aussi; car, du moment que l'un des contraires existe naturellement, il faut que l'autre contraire existe aussi, par les lois de la nature, si c'est un vrai contraire, et qu'il y ait une nature pour le second comme pour le premier; car les contraires ont une matière identique. Mais, s'il y a de la terre et du feu, il faut nécessairement que tous les corps intermédiaires existent aussi, et chacun de ces éléments doit avoir son contraire. Mais, ces éléments existant réellement, il faut de toute nécessité qu'ils aient été crés, parce qu'aucun d'eux ne peut être éternel, les contraires agissant et souffrant mutuellement les uns par les autres et se détruisant réciproquement. On voit d'après cela la nécessité de la génération (dont le lieu est la Terre, séjour des choses changeantes et corruptibles), et, du moment où la génération existe quelque part, il faut qu'il y ait un autre genre de mouvement, ou un ou plusieurs (celui des planètes).

Quelle singulière métaphysique! Tâchons pourtant de la comprendre.

A cette époque, les Grecs étaient bien loin de se douter que le ciel n'est qu'une apparence d'optique, un fond de tableau en forme de voûte surbaissée qui se forme dans les couches basses de notre atmosphère pour les yeux de chaque spectateur, et sur lequel viennent se peindre, pour lui, les objets éloignés. Ils croyaient tous, sauf les Pythagoriciens, à la réalité du ciel; seulement, depuis qu'ils s'étaient résignés à admettre que la Terre est ronde, force avait été de conclure que le ciel visible n'est pas un dôme appuyé sur l'horizon, mais bien une sphère complète entourant la Terre de tous côtés, et dont la Terre nous masque la moitié. De même ils avaient été forcés d'admettre que les astres ne se couchent pas comme des coureurs fatigués, mais qu'ils tournent perpétuellement chaque jour autour de la Terre.

Voilà les notions nouvelles dont leur imagination a été profondément frappée. Ce mouvement circulaire, qui entraîne toutes les étoiles sans changer leurs positions relatives, s'effectue avec une régularité qui a dû paraître absolue jusqu'au moment où les Grecs découvrirent la précession en vertu de laquelle le ciel tourne en se balançant coniquement comme une simple toupie qui commence à s'incliner. Or la forme parfaitement sphérique du ciel, sa rotation uniforme, ce mouvement perpétuel s'accommodant d'une complète invariabilité d'aspect, en un mot tout ce qui appartient à la région céleste quand on ne regarde pas de trop près aux planètes, contraste de la manière la plus tranchée avec ce qui se passe sur notre boule, où l'on ne rencontre que des mouvements rectilignes, ceux des corps pesants qui tombent verticalement

vers le centre de la Terre, ou des corps légers comme le feu, qui s'en éloignent non moins verticalement; où les mouvements curvilignes paraissent forcés et ne tardent pas à s'arrêter; où les choses changent continuellement; où les êtres animés sont sujets à la génération et à la mort.

Ajoutez à cela la croyance polythéiste à la divinité des astres, et vous aurez les bases premières de cette métaphysique étonnante, suggérée par l'aspect du ciel et de son mouvement diurne. Aristote prend donc cette apparence pour une réalité et il en fait le caractère essentiel du divin. Pour lui, le parfait et le divin, c'est ce qui se meut uniformément d'un mouvement circulaire.

Aussi les choses du ciel ne sont-elles pas naturellement dans un lieu; le temps ne les fait pas vieillir, et il n'y a aucun changement possible pour aucune des choses qui se trouvent, par la place qu'elles occupent, au-dessus de la translation la plus extérieure. Mais ces choses inaltérables et impassibles conservent, durant toute l'éternité, l'existence la plus parfaite et la plus complètement indépendante. C'était même là un nom d'une signification divine dans les croyances des Anciens. En effet, cette borne dernière qui renferme et comprend le temps de la vie accordée à chaque être, et en dehors de laquelle il n'y a plus rien, d'après les lois mêmes de la nature, a été appelée la vie et la durée de chaque chose. Par la même raison, la borne du ciel tout entier, et cette borne qui renferme le temps infini de toutes choses et l'infinité elle-même, c'est ce qu'on appelle l'éternité, tirant le nom qui l'exprime de sa vie éternelle, subsistant d'une existence immortelle et divine. C'est de là que découlent pour le reste des êtres l'existence et la vie, les uns la recevant avec plus de puissance, les autres avec moins d'intensité; car, ainsi qu'on le fait dans les recherches encycliques de philosophie

sur les choses divines, il a été bien souvent répété que le divin doit être nécessairement immuable, parce qu'il est le premier et le plus élevé de tous les êtres. Cette opinion sur la divinité s'accorde bien avec ce que nous venons de dire ; car il ne peut y avoir aucune autre chose meilleure, ni plus forte, qui donnerait le mouvement à Dieu, puisque cette chose serait alors plus divine que Dieu même. Mais Dieu n'a rien de défectueux, pas plus qu'il ne lui manque aucune des beautés qu'il doit avoir. De plus, il est tout à fait conforme aux lois de la raison que le divin soit mû d'un mouvement qui ne s'arrête jamais ; et, tandis que toutes les choses qui sont en mouvement s'arrêtent, quand elles sont arrivées à leur lieu spécial, c'est un seul et même lieu, pour le corps circulaire, que le lieu d'où il part et le lieu où il finit.

Il n'est pas nécessaire d'aller plus loin pour se faire une idée de la manière de raisonner d'Aristote. Il a un fil conducteur : c'est le mouvement de rotation perpétuel du ciel sphérique qui renferme tout. Sa métaphysique, son ontologie, dans laquelle le divin et le matériel sont si étrangement mêlés, dérivent de là. Il refait l'Univers par le raisonnement, à l'aide d'idées absolues de convenance et de nécessité ; mais ces idées elles-mêmes sont présentées de manière à le conduire à un but connu d'avance, celui que je viens d'indiquer. Chemin faisant, il se heurte à des absurdités, il les masque (1). Ce n'est pas le témoignage grossier de nos sens qui le force à choisir la thèse de l'immobilité de la Terre et, par suite, celle du mouvement éternel d'un monde sphérique en partie divin : il est bien au-dessus de cette faiblesse. Ce n'est pas la crainte non plus : bon pour les Pythagoriciens d'avoir deux doctrines, celle que Timée expose à Socrate,

(1) Livre II, Chap. XII, par exemple.

ou plutôt que Platon publie pour tout le monde sous le nom de ce savant italien, et celle qu'on réservait pour les intimes : l'ancien précepteur et ami d'Alexandre était bien au-dessus des dénonciateurs. Ce n'est pas la faiblesse d'esprit ni le manque de connaissances : jamais esprit plus puissant et plus encyclopédique n'a existé. Je ne sais ce qui a décidé Aristote : ce qui me paraît évident, c'est que, s'il avait adopté la doctrine pythagoricienne du mouvement de la Terre, sa philosophie aurait été tout autre. Il aurait vu immédiatement que, du moment où la Terre tourne, le ciel étoilé ne tourne pas, et toutes les rêveries métaphysiques sur le corps divin du ciel auquel convient le mouvement circulaire se seraient évanouies. Que si la Terre circule autour du Soleil avec les autres planètes, les étoiles doivent être reportées à des distances incomparablement plus grandes que celle de la Terre au Soleil et n'ont plus besoin d'être attachées à la concavité d'une sphère. Elles peuvent, elles doivent au contraire être disséminées au loin dans l'espace indéfini : elles ne font pas partie de notre monde. Dès lors plus de rêveries métaphysiques sur la nature de ces dieux en partie matériels, plus de distinction entre ce qui est sujet à la génération, sur le globe terrestre, et ce qui est incorruptible, au ciel. ... Mais à quoi bon détailler ce qu'Aristote eût fait s'il avait accueilli la vérité ? Il aurait fait gagner vingt siècles à l'esprit humain, et produit à lui seul bien plus d'action sur le monde que les victoires des conquérants.

Je ne puis pourtant me résoudre à laisser là le livre *du Ciel* sans chercher si Aristote a bien eu une pleine

connaissance des idées pythagoriciennes qu'il cite et combat à plusieurs reprises. La réponse, malheureusement, sera négative. Aristote en a entendu parler, mais il ne s'est jamais donné la peine de recourir aux sources et d'en faire un examen sérieux.

Voici les deux principaux passages où il est fait mention de ces doctrines; le premier est du Livre II, Chap. XII.

§ 1. Il y a des philosophes qui prétendent que le ciel a une droite et une gauche, et c'est là une opinion de ceux qu'on nomme Pythagoriciens; il faut donc examiner s'il en est bien ainsi qu'ils le disent, ou si plutôt il n'en est pas tout autrement, quand il s'agit d'appliquer ces principes au corps entier de l'univers. Et, tout d'abord, s'il y a, en effet, une droite et une gauche pour l'univers, il faut aussi supposer antérieurement en lui les principes qui sont antérieurs à ceux-là. Nous avons discuté déjà ces questions dans nos Théories sur les mouvements des animaux, parce que ce sont là des principes qui se rapportent particulièrement à leur nature. C'est qu'en effet l'existence de ces principes se montre avec toute évidence dans les animaux. Les uns ont tous ces principes sans exception; je veux dire, par exemple, la droite et la gauche, etc.; d'autres n'en ont que quelques-uns, tandis que les plantes n'en ont uniquement que le haut et le bas.

§ 2. Mais, s'il convient aussi d'appliquer au ciel des notions de ce genre, il est rationnel de supposer que le principe primitif que nous avons trouvé dans les animaux se retrouve aussi dans le monde. En ceci il y a trois choses, dont chacune peut être considérée comme un principe. Ces trois choses sont les suivantes : le haut et le bas, le devant et le derrière, la droite et la gauche : et ces dimensions doivent se retrouver naturellement, toutes sans exception, dans les corps complets. Le haut est le principe de la longueur; la droite est le principe de la largeur; et le devant le principe de la profondeur. J'ajoute encore une autre considération, et c'est celle des mouvements; car j'appelle principe des mouvements les points

d'où les mouvements partent et commencent primitivement, pour les êtres qui en sont doués. Par exemple, c'est d'en haut que vient le mouvement d'accroissement; c'est de la droite que vient le mouvement dans l'espace, et c'est de devant que vient le mouvement de nos sens, car j'entends par le devant l'endroit où les sens sont placés.

§ 3. Ainsi donc il ne faudrait pas vouloir trouver dans tout corps quelconque le haut et le bas, la droite et la gauche, le devant et le derrière. Ces directions sont distinctes seulement dans les corps animés qui ont en eux le principe du mouvement; car, dans aucun des corps inanimés, nous ne pourrions voir d'où leur vient le principe du mouvement. Il y a, en effet, des choses qui ne se meuvent pas du tout; d'autres qui se meuvent, mais non pas indifféremment en tous sens; c'est ainsi que le feu ne va qu'en haut, et que les corps se dirigent uniquement vers le centre.

§ 4. Si cependant, même dans ces choses inanimées, nous distinguons encore le haut et le bas, la droite et la gauche, c'est toujours en les rapportant à nous-mêmes. Ainsi, c'est tantôt relativement à notre droite personnelle, comme font les devins; tantôt c'est d'après la ressemblance à nos propres organes, comme on dit la droite et la gauche d'une statue; ou bien, enfin, on désigne ainsi les choses qui ont une position contraire à la nôtre, leur droite se rapportant à notre gauche, leur gauche étant au contraire notre droite, et leur derrière étant opposé à notre devant. Dans tout cela, nous ne voyons d'ailleurs aucune différence réelle; car, pour peu que l'on se trouve en sens inverse, ce seront les contraires que nous appellerons droite et gauche, haut et bas, devant et derrière.

§ 5. Ainsi pourrait-on s'étonner, à bon droit, que les Pythagoriciens n'aient parlé que de deux principes, la droite et la gauche, et qu'ils aient négligé les quatre autres, qui n'ont pas moins d'importance. En effet, le bas et le haut, le devant et le derrière, n'offrent pas moins de différence entre eux que n'en offre la droite par rapport à la gauche dans tous les animaux. C'est que, de tous ces principes, les uns ne diffèrent entre eux que par leur puissance; les autres diffèrent en outre par leurs formes. Ainsi le haut et le bas se retrouvent d'une

façon identique dans tous les êtres doués de vie, les animaux et les plantes ; mais les plantes n'ont pas de droite ni de gauche.

§ 6. De plus, comme la longueur est antérieure à la largeur, si le haut est, ainsi que nous l'avons dit, le principe de la longueur, et la droite est le principe de la largeur, et comme le principe d'une chose antérieure doit être antérieur également, il s'ensuit que le haut doit être antérieur à la droite, sous le rapport de la génération. Le mot d'*antérieur* peut, comme on sait, se prendre dans plusieurs sens. Enfin, si le haut est le lieu d'où vient le mouvement, si la droite est l'endroit d'où il part, et le devant le lieu où il va, il s'ensuit qu'en ce sens encore le haut pourrait avoir, en quelque sorte, la puissance d'un principe relativement aux autres notions qu'il précède. En résumé, on peut justement reprocher aux Pythagoriciens d'avoir laissé de côté des principes plus importants que ceux qu'ils adoptent, et d'avoir cru que les principes adoptés par eux se retrouvaient également en tout.

§ 7. Mais quant à nous, comme nous avons établi antérieurement que ces possibilités n'existent que dans les êtres qui ont en eux le principe du mouvement, et que le ciel, étant animé comme il l'est, possède le principe du mouvement en lui-même, il en résulte évidemment qu'il a un haut et un bas, une droite et une gauche. Il ne faut pas, parce que la forme de l'univers est sphérique, refuser de croire qu'il y ait une droite et une gauche, attendu que toutes ses parties doivent être absolument semblables et en mouvement durant l'éternité ; mais il faut penser, au contraire, que les choses se passent en ceci comme elles se passeraient si, dans les êtres où il y a réellement une différence, même de forme, entre la droite et la gauche, on venait ajouter une sphère qui les envelopperait. La droite et la gauche garderaient toujours une puissance différente ; mais il n'y paraîtrait pas, à cause de la ressemblance de la forme. De même encore pour le principe du mouvement ; car, quoique le mouvement n'ait jamais commencé, il n'en faut pas moins qu'il ait un principe d'où il pourrait partir si l'univers, mis en mouvement, commençait jamais à se mouvoir, et d'où le mouvement pourrait recommencer de nouveau, s'il venait, par hasard, à s'arrêter jamais.

§ 8. J'entends, par la longueur de l'univers, la distance qui sépare les pôles, et j'ajoute que, des deux pôles, l'un est en haut, et l'autre en bas. En effet, la différence que nous voyons dans ces seuls points des hémisphères, c'est que les pôles ne sont jamais en mouvement. On peut remarquer aussi que même le langage ordinaire indique pour les côtés du monde, non pas le haut, ni le bas, mais les parties qui environnent les pôles, comme si les pôles étaient le sens véritable de sa longueur; et ce qu'on prend pour le côté est précisément ce qui environne le haut et le bas du monde.

§ 9. Des deux pôles, celui qui est visible au-dessus de nous est la partie inférieure, tandis que celui que nous ne voyons pas est la partie supérieure de l'univers. C'est qu'en effet nous appelons la droite, pour chaque chose, le point d'où part le mouvement de translation dans l'espace. Le principe de circonvolution du ciel étant le point où se lèvent les astres, c'est là aussi la droite; et la gauche est le point où les astres se couchent. Si donc les astres commencent à se lever à droite, et s'ils se dirigent dans leur circonvolution vers la gauche, il faut nécessairement que le pôle invisible soit le haut; car, si c'était le pôle que nous voyons, ce mouvement serait dirigé à gauche; ce que nous nions absolument.

§ 10. Il est donc certain que le pôle qui est invisible pour nous est le haut du ciel; ceux qui y habitent sont dans l'hémisphère supérieur, et à droite, tandis que nous, nous sommes en bas et à gauche, contrairement à ce que disent les Pythagoriciens; ils nous placent en haut et dans la partie droite, tandis que les autres sont en bas et dans la partie gauche. Or, c'est tout le contraire. Mais, par rapport à la seconde circonvolution, qui est celle des planètes, par exemple, nous sommes en haut et à droite, tandis que les habitants de l'autre pôle sont en bas et à gauche. C'est qu'en effet, pour ces corps secondaires, le principe du mouvement est placé à l'inverse, puisque leurs déplacements sont contraires; et, par conséquent, nous sommes au commencement de cette révolution, et les autres sont à la fin.

Voilà ce que nous avions à dire sur les parties du ciel relativement aux dimensions, et sur les divisions de l'espace.

Les Pythagoriciens, École à laquelle a manqué un homme de génie influent, voyaient nettement que les mouvements des planètes s'effectuent en sens direct (de droite à gauche) sans jamais s'arrêter ni retourner en arrière. Si la rotation diurne du ciel est rétrograde, ce n'est qu'une illusion due à la rotation directe de la Terre, de même que les stations et les rétrogradations des planètes sont des apparences dues au mouvement direct de la circulation de notre globe.

Tout est donc réellement direct dans l'univers. Aristote voulait aboutir à ce résultat; mais, comme il rejette la doctrine des Pythagoriciens que Copernic reprendra plus tard, il est forcé de recourir à une absurdité. Pour nous le mouvement diurne est rétrograde : Aristote le rend direct en soutenant que, pour en juger, on n'a qu'à placer le haut du ciel au pôle austral. Mais alors le mouvement propre des planètes et du Soleil serait rétrograde? Qu'à cela ne tienne : pour ceux-là il faut placer le haut du ciel au pôle boréal!

Voici maintenant le second passage, Livre II, Chap. XIII.

§ 1. Il nous reste à parler de la Terre, et nous avons à rechercher dans quel lieu elle est placée, si elle fait partie des corps en repos ou des corps en mouvement, et enfin quelle est sa forme. Quant à sa position, tout le monde n'a pas, à cet égard, la même opinion. En général, on admet qu'elle est au centre, et c'est le système des philosophes qui croient que le ciel est limité et fini dans sa totalité. Mais les sages d'Italie, que l'on nomme Pythagoriciens, sont d'un avis contraire. Pour eux, ils prétendent que le feu est au centre du monde, que la Terre est un de ces astres qui font leur révolution autour de ce centre, et que c'est ainsi qu'elle produit le jour et

la nuit. Ils inventent aussi une autre Terre opposée à la nôtre, qu'ils appellent du nom d'anti-terre, cherchant non pas à appuyer leurs explications et les causes qu'ils indiquent sur l'observation des phénomènes, mais, loin de là, pliant et arrangeant les phénomènes suivant certaines opinions et explications qui leur sont propres, et essayant de faire concorder tout cela comme ils peuvent.

§ 2. Beaucoup de philosophes autres encore que les Pythagoriciens pourraient bien penser, comme eux, que la place du centre ne doit pas être attribuée à la Terre, n'empruntant pas davantage cette conviction à l'examen des phénomènes, mais la demandant bien plutôt aussi à de simples raisonnements. Comme ils pensent que la place la plus considérable convient au corps le plus considérable de tous, et que le feu mérite plus de considération que la Terre; que la limite en veut plus aussi que les points intermédiaires, et que l'extrême et le centre sont les limites des choses, ils concluent, à l'aide de ces raisonnements, que la Terre ne doit pas être au milieu de la sphère, et que cette place appartient de préférence au feu. Une autre raison des Pythagoriciens pour soutenir que le feu doit être au centre, c'est que la partie la plus importante de l'univers doit être surtout la plus soigneusement gardée; or, cette partie est précisément le centre appelé par eux le Poste et la Garde de Jupiter; et voilà comment c'est le feu qui occupe cette place dominante.

§ 3. On peut remarquer que, dans ces théories, le mot de *centre* est pris d'une manière absolue, bien qu'il puisse signifier à la fois, et le centre de la grandeur, et le centre de la chose et de sa nature. Cependant, de même que, dans les animaux, le centre de l'animal et le centre de son corps ne sont pas une même chose, à bien plus forte raison doit-on supposer qu'il en est ainsi pour le ciel tout entier. Aussi, est-ce là ce qui fait que les Pythagoriciens devraient bien ne pas prendre toute cette peine pour expliquer l'univers, ni introduire cette prétendue garde au centre. Mais ils feraient mieux de chercher à nous dire, de ce milieu et de ce centre, ce qu'il est et où il est; car c'est bien ce milieu qui est le principe et le point le plus important de tous. Or, quand il s'agit de l'espace, le

centre ressemble bien plutôt à une fin qu'à un principe et à un commencement; car ce qui est borné, c'est le centre, tandis que le bornant, c'est la limite. Or le contenant et la limite sont plus considérables et plus importants que le contenu; car l'un n'est que la matière, tandis que l'autre est l'essence du composé.

§ 4. Voilà l'opinion qu'ont adoptée quelques philosophes sur la place qu'occupe la Terre. Mais il y a les mêmes dissentiments sur son immobilité et son mouvement; car tout le monde non plus n'est pas d'accord sur ces points-là. Ceux qui nient que la Terre soit au centre prétendent qu'elle a un mouvement circulaire autour du centre, et que non seulement c'est la Terre qui se meut ainsi, mais en outre l'anti-terre, comme nous l'avons dit un peu plus haut. Quelques philosophes soutiennent qu'il peut y avoir plusieurs corps du même genre, qui se meuvent autour du centre, mais que nous ne voyons pas, à cause de l'interposition de la Terre. Voilà pourquoi, ajoutent-ils, les éclipses de Lune sont bien plus fréquentes que celles de Soleil, attendu que tous les corps qui sont en mouvement peuvent l'éclipser, et que ce n'est pas la Terre toute seule qui l'éclipse. Mais du moment que la Terre n'est pas le centre, et qu'il y a entre le centre et elle la distance de tout son hémisphère, ces philosophes ne voient plus rien qui s'oppose à ce que les phénomènes se passent, pour nous qui n'habiterions pas au centre, absolument comme si la Terre était au milieu. Et, en effet, dans l'état actuel des choses, rien ne nous révèle non plus que nous soyons éloignés du centre de la Terre à la distance de la moitié du diamètre. Il y a de même d'autres philosophes qui, tout en admettant que la Terre est placée au centre, la font tourner sur elle-même autour de la ligne des pôles qui traverse régulièrement l'univers, ainsi qu'on peut le lire dans le *Timée*.

Placer le feu au centre de notre monde, comme Aristote le suppose, cela n'aurait eu aucun sens : les Pythagoriciens y plaçaient le Soleil. En le nommant Διὸς οἶκος καὶ φυλακή, ils n'entendaient pas en faire la maison et le corps de garde ou le poste d'observation

de Jupiter, mais *la source ou le réservoir de la lumière du jour*. Διός ici n'est pas le génitif de Ζεύς; il est pris du moins dans l'acception qui plus tard a passé dans le langage courant, en Italie, dans le mot *dies*.

Quant à l'*antichthôn*, l'astre qui fait face à la Terre, autrement dit le satellite de la Terre, c'est une notion toute nouvelle qui s'était imposée aux Pythagoriciens. Avant eux on prenait la Lune pour une planète comme Mercure, Vénus, le Soleil, etc.... En adoptant le Soleil comme centre de circulation des planètes, les Pythagoriciens ne pouvaient compter parmi elles la Lune, car alors elle aurait présenté, comme les planètes, des stations et des rétrogradations : en outre on n'aurait pas eu à la fois le spectacle d'éclipses de Lune causées par l'ombre de la Terre, et d'éclipses de Soleil causées par l'ombre de la Lune. Il fallait donc considérer la Lune, non plus comme une planète, mais comme un corps d'espèce particulière, subordonné à la Terre et accompagnant celle-ci dans son mouvement de translation autour du Soleil. C'est ce qu'Aristote ne s'est pas donné la peine de comprendre. Évidemment il a été mal renseigné, comme la plupart des historiens qui ont parlé de la doctrine pythagoricienne. La meilleure preuve qu'il aurait été facile de démêler la vérité au milieu de leurs racontars indigestes, c'est que Copernic en est bien venu à bout à vingt siècles de distance. Faut-il croire que le Stagirite a fermé les yeux par répugnance instinctive de polythéiste? C'est bien là, du moins, ce qui a failli arriver à ses successeurs, au commencement du XVII^e^ siècle.

CHAPITRE IV.

CICÉRON, LE SONGE DE SCIPION.

Les Romains ne faisaient pas de Philosophie : les jeunes gens distingués allaient à Athènes étudier tant bien que mal celles de Platon et d'Aristote; ils en rapportaient quelque chose à Rome, non pour vulgariser des idées, mais pour s'en parer dans leur carrière politique. Cicéron, esprit plus élevé, attaché à l'ancienne société romaine, persuadé que les antiques croyances étaient seules capables de soutenir et d'exalter ce qu'il y a de plus noble dans notre nature, le patriotisme et le dévouement, voulait relever ces croyances dans son pays en y infusant un peu des merveilleuses conceptions de la science grecque. Virgile, plus tard, en fit autant. Lucrèce, au contraire, organe de ceux qui avaient pris les vieilles superstitions en dégoût, ne voyant rien de mieux apparaître sur l'horizon intellectuel, était allé en Grèce chercher des armes pour les combattre. On trouvait, dans ce pays-là, des maîtres pour toutes les tendances. A côté des vieilles écoles spiritualistes de Platon et d'Aristote, florissait l'enseignement matérialiste de Démocrite, d'Épicure surtout, le premier mortel, dit Lucrèce, qui ait osé s'attaquer aux dieux.

Voici la déclaration de guerre de Lucrèce; j'en cite

les vers non pour leur beauté, car ils sont bien mauvais, mais pour leur violence :

> Humana ante oculos fœde cum vita jaceret
> In terris, oppressa gravi sub relligione,
> Quæ caput a cœli regionibus ostendebat,
> Horribili super aspectu mortalibus instans,
> Primum Graius homo mortales tollere contra
> Est oculos ausus, primusque obsistere contra,
> Quem nec fama deum, nec fulmina, nec minitanti
> Murmure compressit cœlum; sed eo magis....

Pour ceux-là les dieux sont de pures fictions; il n'y a point d'âme : l'homme meurt tout entier. Mais aussi cette voie conduit fatalement à des conclusions bien plus déprimantes, au point de vue social, que la religion la plus grossière. Quant à l'originalité des vues cosmogoniques, elle est également absente des deux côtés : Cicéron reproduit les idées de Platon et d'Aristote; Lucrèce, les idées arriérées d'Épicure. Au point de vue moral, le contraste est d'autant plus frappant que les deux auteurs étaient contemporains.

Le songe de Scipion (1).

I. Lorsque j'arrivai en Afrique, où j'étais, comme vous le savez, tribun militaire dans la quatrième légion, sous le consul M. Manilius, je n'eus rien de plus pressé que de me rendre près de Massinissa, ce roi lié à notre famille par une étroite et bien légitime amitié. Dès que je fus devant lui, le vieillard, me serrant dans ses bras, fondit en larmes, puis il leva les yeux au ciel : « Grâces, dit-il, soient rendues à toi, Soleil, roi des astres, et à vous tous, dieux du ciel, puisqu'il m'est donné, avant de partir de cette vie, de voir dans mon royaume et à mon foyer P. Cornélius Scipion, dont le nom

(1) Traduction de M. Pottin.

seul me ranime ! Jamais le souvenir de l'excellent, de l'invincible héros qui a illustré ce nom, ne sort de mon esprit. »

Nous nous informâmes ensuite, moi de son royaume, lui de notre République, et de paroles en paroles nous vîmes le terme de cette journée. Après un repas tout royal, nous prolongeâmes notre conversation fort avant dans la nuit : le vieux roi ne parlait que de Scipion l'Africain, et il se rappelait non seulement toutes ses actions, mais encore toutes ses paroles.

II. Ensuite, à peine étions-nous allés chacun nous reposer, que la fatigue de la route et de cette longue veille me plongea dans un sommeil plus profond que de coutume. Alors m'apparut (était-ce un effet de nos entretiens, je le crois : oui, nos idées et nos discours peuvent enfanter dans le sommeil des visions pareilles à celles que décrit Ennius au sujet d'Homère, qui revenait sans cesse pendant le jour dans sa pensée et dans ses entretiens) Scipion l'Africain sous ces traits qui m'étaient familiers, bien plus pour avoir contemplé ses images que pour l'avoir vu lui-même. Je le reconnus, et je frémis; mais lui : « Remets-toi, dit-il, bannis ta crainte, Scipion, et ce que je vais dire, grave-le dans ta mémoire.

III. » Vois-tu cette ville qui, forcée par moi d'obéir au peuple romain, renouvelle nos vieilles guerres et ne peut souffrir le repos (et il montrait Carthage d'un lieu élevé, tout parsemé d'étoiles, resplendissant et lumineux), cette ville que tu viens assiéger aujourd'hui, presque soldat encore? Dans deux ans, consul, tu la renverseras, et tu auras conquis par toi-même ce surnom que tu tiens déjà de moi par héritage. Après avoir détruit Carthage, obtenu le triomphe, exercé la censure, visité comme lieutenant du peuple romain l'Égypte, la Syrie, l'Asie, la Grèce, tu seras élu consul une seconde fois en ton absence, enfin tu achèveras une guerre implacable, tu ruineras Numance. Mais, après avoir monté au Capitole sur ton char victorieux, tu trouveras la République tout agitée par les menées de mon petit-fils. Alors, ô Africain, fais briller pour la patrie ton courage, ton génie et ta prudence. C'est vers toi seul et vers ton nom que se tournera Rome entière; c'est toi que le sénat, toi que tous les bons citoyens, toi que

les alliés, toi que les Latins chercheront des yeux; c'est sur toi seul que reposera le salut de l'État; bref, sois dictateur, il le faut, et raffermis la République... si pourtant tu échappes aux attentats de tes proches. »

A ces mots, Lélius poussa un cri, et un douloureux gémissement s'éleva de tous côtés. Scipion avec un doux sourire : « Je vous en prie, dit-il, ne me réveillez pas, écoutez un peu jusqu'au bout. »

IV. « Mais, pour que tu sentes redoubler ton ardeur à défendre l'État, Scipion, apprends ceci : pour tous les héros qui ont sauvé, secouru, agrandi la patrie, il est dans le ciel un lieu réservé où ils jouiront d'une félicité sans fin. Car ce Dieu suprême qui gouverne l'immense univers ne trouve rien sur la Terre qui soit plus agréable à ses yeux que ces réunions de mortels associés par le droit, que l'on nomme des cités. C'est d'ici que partent les génies qui les gouvernent et les défendent, c'est ici qu'ils reviennent. »

A ces mots, quoique rempli d'épouvante, non pas tant à l'idée de la mort que de la trahison des miens, j'eus cependant la force de lui demander s'il vivait encore, lui et Paul-Émile mon père, et tous ceux que nous, ici, regardions comme éteints. « Oui, dit-il, ceux-là vivent réellement qui, échappés des liens du corps où ils étaient captifs, ont pris leur essor; c'est ce que vous appelez la vie qui est la mort. Tiens, voici Paul-Émile ton père, qui vient vers toi. » Je le vis, et je fondis en larmes; lui, m'entourant de ses bras et me prodiguant ses caresses, il me défendait de pleurer.

V. Dès que je pus retenir mes sanglots, je m'écriai : « O mon père, le plus saint et le meilleur des hommes, puisque la vie est près de vous, comme je l'entends dire à l'Africain, qui me retient donc sur la Terre? Pourquoi ne pas me hâter de venir à vous? » — « Non pas ainsi, me répondit-il : avant que ce Dieu, dont tout ce que tu vois est le temple, t'ait délivré de cette prison du corps, tu ne peux avoir accès dans ces demeures. Car les hommes sont nés pour être les fidèles gardiens de ce globe que tu vois au milieu de ce temple, et qu'on nomme la Terre. Il leur a été donné une âme, rayon de ces feux éternels que vous appelez les astres et les étoiles, et qui, arrondis en

sphères, animés par des intelligences divines, décrivent leurs périodes et leurs orbites avec une vitesse étrange. C'est donc un devoir et pour toi, Publius, et pour tous les hommes pieux, de retenir cette âme dans la prison du corps; et vous ne pouvez point, sans l'ordre de celui qui vous l'a donnée, partir de cette vie mortelle; il semblerait que vous désertez le poste humain assigné par Dieu même. Mais plutôt, Scipion, comme ton aïeul que tu vois ici, comme moi qui t'ai donné le jour, chéris la justice et la piété, cette piété qui est tout amour pour les parents et les proches, tout dévouement pour la patrie : voilà le chemin qui te conduira au ciel, dans la société des hommes qui ont déjà vécu et qui, dégagés du corps, habitent le séjour que tu vois. »

VI. Or c'était ce cercle qui resplendit par son éclatante blancheur entre tous les feux célestes, et que vous, à l'imitation des Grecs, vous appelez Voie lactée : de là je contemplais l'univers, et je ne voyais que magnificences et merveilles. Il y avait des étoiles que nous n'avons jamais aperçues d'ici-bas, et dont nous n'avons jamais soupçonné la grandeur. La plus petite de toutes était celle qui, la plus éloignée du ciel, la plus voisine de la Terre, brillait d'une lumière empruntée. Du reste, les globes étoilés l'emportent de beaucoup sur la Terre en grandeur. Alors la Terre elle-même me parut si petite, que notre empire, qui n'en touche pour ainsi dire qu'un point, me fit pitié.

VII. Comme je la regardais attentivement : « Hé bien, me dit l'Africain, jusques à quand ton esprit sera-t-il attaché à la Terre? Ne vois-tu pas dans quels temples tu es venu? L'univers est composé de neuf cercles, ou plutôt de neuf globes qui se touchent : le globe extérieur est celui du ciel, qui embrasse tous les autres : Dieu suprême, il les contient et les environne. Au ciel sont fixées les étoiles qu'il emporte éternellement dans son cours. Plus bas roulent sept globes, entraînés par un mouvement contraire à celui du ciel. La première de ces sphères est occupée par l'étoile que les hommes appellent Saturne; au-dessous brille cet astre bienfaisant et propice au genre humain, que l'on nomme Jupiter; puis Mars à la lueur sanglante et que la Terre abhorre ; au-dessous,

vers la moyenne région, le Soleil, chef, roi, modérateur des autres astres, âme et régulateur du monde, et dont le globe, d'une grandeur prodigieuse, éclaire et remplit l'immensité de sa lumière. Il est suivi des deux sphères de Vénus et de Mercure, qui semblent lui faire escorte ; enfin l'orbe inférieur est celui de la Lune, qui roule enflammée aux rayons du Soleil. Au-dessous d'elle, il n'est plus rien que de mortel et de corruptible, à l'exception des âmes données à la race des hommes par un bienfait des dieux ; au-dessus de la Lune tout est éternel. Votre Terre, placée au centre du monde et le plus loin du ciel, forme la neuvième sphère ; elle est immobile, et tous les corps graves sont entraînés vers elle par leur propre poids. »

VIII. Je contemplais ces merveilles, perdu dans mon admiration. Lorsque je pus me recueillir : « Quelle est donc, demandai-je, quelle est cette harmonie si puissante et si douce qui me pénètre ? » — « C'est l'harmonie, me dit-il, qui, formée d'intervalles inégaux, mais combinés suivant une juste proportion, résulte de l'impulsion et du mouvement des sphères, et qui, fondant les tons graves et les tons aigus dans un commun accord, fait de toutes ces notes si variées un mélodieux concert. De si grands mouvements ne peuvent s'accomplir en silence.... »

J'écoutais dans l'extase, et cependant je reportais quelquefois mes regards sur la Terre.

IX. « Je le vois, dit l'Africain, tu contemples encore la demeure et le séjour des hommes. Mais, si la Terre te semble petite, comme elle l'est en effet, élève sans cesse tes yeux vers le ciel ; méprise les choses d'en bas. Quelle renommée, quelle gloire digne de tes vœux peux-tu acquérir parmi les hommes ?...

» Mais si tu veux porter tes regards en haut et les fixer sur cette partie éternelle, ne donne aucun empire sur toi aux discours du vulgaire ; élève tes vœux au-dessus des récompenses humaines ; que la vertu même, par ses seuls attraits, te conduise à la véritable gloire. C'est aux autres à savoir comment ils parleront de toi ; ils en parleront sans doute ; mais tous ces discours ne dépassent point les bornes étroites où votre

monde est enclos ; ils n'ont jamais immortalisé un seul mortel ; ils périssent avec les hommes, et s'éteignent dans l'oubli de la postérité. »

XIV. Lorsqu'il eut ainsi parlé : « O Scipion l'Africain, lui dis-je, s'il est vrai que les services rendus à la patrie ouvrent les portes du ciel, moi qui, depuis mon enfance, ai marché sur les traces de mon père et les vôtres, et qui n'ai pas manqué peut-être à cet héritage de gloire, je veux aujourd'hui, à la vue de ce prix sublime, redoubler de zèle et d'efforts. — Courage ! me dit-il, et souviens-toi que, si ton corps doit périr, toi, tu n'es pas mortel ; cette forme sensible, ce n'est pas toi ; ce qui fait l'homme, c'est l'âme, et non cette figure que l'on peut montrer du doigt. Sache donc que tu es dieu ; car il est dieu, celui qui a la force d'action, qui sent, qui se souvient, qui prévoit, qui gouverne, régit et meut ce corps dont il est le maître, comme le Dieu suprême gouverne ce monde. Semblable à ce Dieu éternel qui meut le monde en partie corruptible, l'âme immortelle meut le corps périssable...

XVI. » Exerce-la, cette âme, aux fonctions les plus excellentes. Or au premier rang sont les travaux pour le salut de la patrie. Accoutumée à ce noble exercice, l'âme s'envolera plus rapidement vers sa demeure céleste ; elle y sera portée d'autant plus vite qu'elle aura commencé, dans la prison du corps, à prendre son élan, et, par de sublimes aspirations, à se détacher autant qu'il est en elle de son enveloppe terrestre. Mais les âmes de ces hommes qui, asservis aux plaisirs des sens dont ils se sont fait les ministres, et dociles à la voix des passions, ces vassales des plaisirs, ont violé toutes les lois divines et humaines ; une fois dégagées du corps, elles errent misérablement autour de la Terre, et ne reviennent dans ce séjour qu'après une expiation de plusieurs siècles. »

Le héros disparut ; moi, je m'éveillai.

Les idées sont d'une netteté parfaite ; la partie astronomique est bien celle du temps ; on regrette seulement que Cicéron n'ait pas sacrifié le passage

puéril, relatif à l'harmonie des sphères, dont Aristote avait fait une si vive critique et que j'ai abrégé.

Ses notions de l'âme, de la vie future, sont bien supérieures à celles de Platon. Cette pièce, admirée dans toute l'antiquité, figure dignement parmi les modèles de style qu'on place sous les yeux de nos enfants. Écoutons maintenant le philosophe matérialiste.

CHAPITRE V.

LE POÈME DE LUCRÈCE.

Il n'y a rien au delà de la matière dont les corps sont formés et de l'espace vide où ils se meuvent. Cette matière est elle-même composée d'atomes très petits, invisibles même, mais pourtant de grandeur finie, durs, insécables, en nombre infini, mais ayant des formes différentes, les uns ronds, à surface lisse, les autres munis d'aspérités, de pointes ou de crochets. Ils sont continuellement en mouvement. Leur mouvement primitif est en ligne droite, de haut en bas, comme celui des gouttes d'eau qui tombent dans une pluie, suivant des trajectoires parallèles.

A ce compte, les atomes ne se rencontreraient jamais : jamais ils ne formeraient d'agrégats, ni de corps vivants susceptibles d'aller, à leur volonté, en sens divers. Il faut donc qu'ils s'écartent un peu, très peu de la direction perpendiculaire. Dès lors, en vertu de cette déclinaison, de ce *clinamen* sans cause, les atomes pourront se rencontrer, se choquer, rebondir dans des directions différentes, ou s'accrocher les uns aux autres et former les corps qui affectent nos sens. Voici le texte lui-même (1) :

(1) Traduction de Lagrange.

Garde-toi de croire, ô Memmius, avec quelques philosophes, que tous les corps tendent vers le centre du monde, c'est-à-dire de la Terre. Non, tous les corps sont pesants; par conséquent ils tendent vers le bas. Or qui pourrait concevoir qu'un être se soutînt sur lui-même, que sous la Terre les corps pesants tendent vers le haut, et s'y tiennent dans une direction opposée à la nôtre, comme si nous contemplions notre propre image dans le miroir des eaux? Ces mêmes philosophes vont jusqu'à dire que sur la région diamétralement opposée de la Terre il y a des animaux, des hommes qui vont et qui viennent, retenus sur le sol par cette prétendue tendance vers le centre de la Terre. Ces peuples verraient le Soleil alors qu'il cesse de briller sur nous! Nous échangerions avec eux les nuits et les jours!

Telles sont les erreurs grossières où sont tombés ces philosophes, parce qu'ils sont partis de faux principes. Ils n'ont pas compris qu'il ne saurait y avoir de milieu dans une étendue infinie; il n'y a pas de lieu dans l'univers où les corps, une fois arrivés, perdent leur pesanteur, laquelle les entraîne perpétuellement vers le bas.

Si tu as compris ces premières vérités, la philosophie n'aura plus d'obscurités, la nature te livrera tous ses secrets.

Maintenant, comment les rencontres fortuites des atomes tombant verticalement, mais avec d'imperceptibles déviations sans lesquelles la nature n'aurait rien produit, comment ces rencontres, dis-je, ont-elles posé le fondement du ciel et de la Terre, creusé l'abîme de l'Océan, réglé le cours du Soleil et de la Lune? C'est ce que vais t'expliquer. Mais, je le répète, ce n'est point par un effet de leur intelligence, ni par réflexion, que les élements du monde se sont placés dans l'ordre où nous les voyons; ils n'ont point concerté entre eux les mouvements qu'ils voulaient se communiquer; mais, infinis en nombre, mus de mille façons diverses, soumis depuis des siècles innombrables à des impulsions étrangères, entraînés par leur propre pesanteur, après s'être rapprochés et réunis de toutes manières, après avoir tenté toutes les combinaisons possibles, à force de temps, d'assemblages ou de mouvements, ils se sont coordonnés et ont formé de

grandes masses qui sont devenues pour ainsi dire la première ébauche de la Terre, des mers, du ciel et des êtres animés.

On ne voyait pas encore dans les airs le char éclatant du Soleil, ni les flambeaux du monde, ni la mer, ni le ciel, ni la Terre, ni l'air, ni rien de semblable aux objets qui nous environnent, mais un assemblage orageux d'éléments confondus. Ensuite, quelques parties commencèrent à se dégager de cette masse; les atomes homogènes se rapprochèrent; le monde se développa, ses membres se formèrent, et ses immenses parties furent composées d'atomes de toute espèce. En effet, la discorde des éléments jetait trop de trouble et de confusion entre les intervalles, les directions, les liens, les pesanteurs, les forces impulsives, les combinaisons et les mouvements; la diversité de leurs formes, la variété de leurs figures les empêchaient de rester ainsi unis et de se communiquer mutuellement des mouvements convenables : ainsi le ciel se sépara de la Terre, la mer attira toutes les eaux dans ses réservoirs, et les feux éthérés allèrent briller à part dans toute leur pureté.

D'abord les éléments de la Terre, plus pesants et plus embarrassés, se joignirent sans peine et s'établirent tous au centre vers les régions inférieures : plus leur union fut étroite, plus ils exprimèrent abondamment la matière propre à former les mers, les astres, le Soleil, la Lune et la vaste enceinte du monde. En effet, comme les éléments de tous ces corps sont plus lisses, plus sphériques et plus déliés que ceux de la Terre, la matière éthérée se dégagea la première des pores de la Terre, s'éleva dans la partie supérieure et emporta avec elle un grand nombre de feux. Ainsi, quand les premiers rayons du Soleil levant se teignent de pourpre sur le gazon au milieu des perles de la rosée, on voit souvent des vapeurs sortir du sein des lacs et des fleuves, et quelquefois une espèce de fumée s'exhaler de la Terre même; après s'être élevées et réunies dans l'atmosphère, ces émanations vont former un tissu opaque sous la voûte céleste. De même la matière éthérée, quoique légère et fluide, après s'être condensée, forma une vaste enceinte, et, répandue au loin en tous sens, elle embrassa dans son immense circuit le monde entier.

Alors parurent le Soleil et la Lune, ces deux globes qui roulent dans l'air entre le ciel et la Terre. Leurs éléments ne purent s'incorporer ni à ceux de la Terre, ni à ceux de la matière éthérée, parce qu'ils n'étaient ni assez pesants pour se déposer dans la partie inférieure, ni assez légers pour s'élever à l'extrémité supérieure. Suspendus dans l'espace intermédiaire, ils se meuvent comme des corps vivants, comme des parties du monde. C'est ainsi que quelques-uns de nos membres demeurent immobiles dans leur poste, tandis que d'autres sont destinés à se mouvoir.

Après ce premier débrouillement, tout à coup la partie de la Terre où s'étendent les plaines azurées de l'Océan s'écroula et ouvrit un vaste bassin pour l'élément salé ; et plus la Terre, fendue à la surface, était resserrée, condensée et rapprochée du centre par l'action réitérée des feux du ciel et des rayons du Soleil, dont elle était frappée en tous sens, plus la sueur salée exprimée de son vaste corps accrut, par ses écroulements, les plaines liquides de la mer ; et plus les molécules du feu et de l'air, dégagées de la masse terrestre, s'élevèrent nombreuses dans les régions supérieures. Ainsi la voûte éclatante du ciel, si éloignée de notre globe, acquit une nouvelle densité. Les plaines s'abaissèrent pour la même raison ; la cime des monts s'éleva, car les rochers ne pouvaient s'affaisser, ni la Terre s'aplanir également sur toute sa surface.

Le globe ainsi condensé acquit à la fois de la pesanteur et de la consistance ; toute la vase du monde, s'il est permis de parler ainsi, se précipita en bas et y forma un dépôt, comme la lie. Au-dessus de la Terre, se placèrent d'abord l'eau, ensuite l'air, enfin le ciel et ses feux. Ces fluides restèrent purs de tout élément terrestre. Mais ils n'ont pas tous la même légéreté : l'éther, le plus transparent et le plus léger de tous, circule au-dessus de l'air sans jamais se mêler à ses souffles orageux ; il le laisse en proie aux tourbillons rapides et à l'inconstance des tempêtes ; pour lui, mû d'un mouvement réglé, il transporte avec lui ses feux étincelants. Que le fluide éthéré puisse ainsi se mouvoir uniformément, c'est ce que nous montre la mer, qui coule sans jamais changer de route, suivant constamment les mêmes lois.

La cause du mouvement des astres sera l'objet actuel de mes chants. D'abord, si c'est la vaste enceinte du ciel qui roule, il faut supposer les deux pôles du monde pressés, environnés et enfermés par deux courants d'air, l'un supérieur, qui pousse le ciel dans la même direction que suivent les brillants flambeaux du monde; l'autre inférieur, qui les transporte en sens contraire, à peu près comme nous voyons les fleuves faire tourner les roues et leurs seaux.

Il se pourrait aussi que, le ciel restant immobile, ses flambeaux lumineux décrivissent un cercle autour de nous : soit que la lumière éthérée, trop à l'étroit dans l'enceinte céleste et roulant sans cesse pour y trouver une issue, occasionne ainsi la révolution des astres ; soit que l'air extérieur les meuve circulairement; soit qu'ils puissent eux-mêmes se traîner où leur aliment les appelle, et recueillir dans leur route la matière ignée répandue par tout le ciel; car il n'est pas aisé de trouver l'explication certaine de ces phénomènes. Je me contente d'exposer tous les moyens que la nature peut employer et emploie réellement dans le grand tout, dans ces mondes innombrables qu'elle a différemment constitués ; je me borne à te faire connaître toutes les causes possibles du mouvement des astres, dont une seule a lieu nécessairement dans notre monde. Quelle est-elle ? C'est ce que ne décidera jamais le philosophe qui suit pas à pas la nature.

Pour que la Terre demeure immobile au centre du monde, il faut que sa pesanteur décroisse et s'évanouisse insensiblement, que ses parties inférieures aient contracté une nouvelle nature par leur union intime avec le fluide aérien sur lequel elles se reposent et auquel elles sont comme incorporées dès le commencement. Voilà pourquoi notre globe ne charge point l'air et ne s'y enfonce pas. De même l'homme ne sent point le poids de ses membres, la tête ne pèse pas plus sur le cou, et les pieds soutiennent sans fatigue le poids du corps entier; au lieu qu'un fardeau étranger nous incommode, quoique souvent beaucoup moins considérable : tant il est essentiel d'avoir égard à la nature des objets unis ensemble. De même la Terre n'est pas un corps étranger lancé tout à coup dans un fluide étranger, mais elle a été conçue en

même temps que l'air, dès l'origine du monde dont elle est une partie distincte, comme nos membres font partie de nos corps.

Le disque enflammé du Soleil n'est guère plus grand ni plus petit qu'il ne le paraît à nos sens; car, toutes les fois qu'un corps de feu peut nous éclairer de sa lumière et nous échauffer de sa flamme, quelque éloigné qu'il soit, cette distance ne nous dérobe rien de sa grandeur et ne rétrécit point à nos yeux ses dimensions apparentes. Puis donc que la chaleur et la lumière du Soleil frappent nos sens et colorent les objets qui nous environnent, l'apparence de sa forme et de sa figure est telle, qu'on ne peut les supposer plus grandes ni plus petites dans la réalité.

De même la Lune, soit qu'elle ne réfléchisse qu'un éclat emprunté, soit qu'elle tire sa lumière de sa propre nature, ne parcourt point le ciel sous un volume plus considérable que celui qui frappe nos yeux. Car les objets vus de fort loin, au travers d'un air très dense, ne présentent qu'un aspect confus, bien loin de laisser distinguer leurs contours les plus déliés : puis donc que la Lune nous offre une apparence claire, une figure distincte, et jusqu'aux limites déterminées de sa surface, il faut qu'elle soit telle dans les cieux qu'elle nous paraît d'ici-bas.

Enfin, puisque tous les feux que nous voyons sur la Terre, à quelque distance qu'ils soient placés, ne nous paraissent subir aucune altération dans leur grandeur apparente, tant que nous distinguons leur lumière et leur agitation, il faut en conclure que les feux éthérés ne sont guère plus grands ni plus petits qu'ils ne le paraissent à nos yeux.

Ne sois pas surpris non plus que le Soleil, avec une circonférence aussi petite, puisse baigner la mer, la Terre et le ciel des flots de sa lumière, et répandre sa chaleur dans toute la nature. Il se peut qu'il n'y ait que ce canal d'ouvert, par où toute la lumière du monde puisse trouver un libre écoulement, qu'il n'y ait que ce foyer où les éléments du feu puissent se rassembler de toutes parts, pour se répandre de là dans l'univers entier. Ainsi quelquefois une faible source arrose les prairies et inonde les campagnes. Il se peut encore

que les feux du Soleil, sans être fort abondants, échauffent et enflamment l'air voisin, en supposant toutefois ce fluide capable de s'allumer à la moindre ardeur, comme on voit quelquefois les moissons et le chaume aride consumés par une seule étincelle. Peut-être enfin ce brillant flambeau du Soleil est-il environné d'une grande quantité de feux invisibles et sans éclat, destinés uniquement à augmenter la force et la chaleur de ses rayons.

Mais comment le Soleil, des régions brûlantes du Cancer, prolonge-t-il sa carrière jusqu'aux constellations septentrionales, pour retourner de nouveau vers le solstice d'été? Pourquoi la Lune franchit-elle en un mois le même espace que le Soleil emploie un an à parcourir? C'est un problème qui a plusieurs solutions, un phénomène dont il est impossible d'assigner l'unique et véritable cause. Celle qu'en donne le sage Démocrite paraît assez vraisemblable. Il prétend que les astres peuvent d'autant moins être emportés par le tourbillon éthéré, qu'ils sont plus voisins de la Terre, parce que la vitesse et l'action de la sphère céleste s'affaiblissent peu à peu vers la région inférieure; que pour cette raison le Soleil, placé bien au-dessous des constellations ardentes, doit être insensiblement laissé sur la route avec les autres corps inférieurs; que la Lune, plus éloignée du ciel et plus voisine de la Terre, doit avoir encore plus de peine à suivre la marche des astres; qu'ainsi, plus le tourbillon qui l'entraîne le cède en rapidité à celui du Soleil (1), plus les signes doivent fréquemment l'atteindre et la devancer, et que c'est la raison pour laquelle elle paraît rejoindre avec plus de promptitude les signes du zodiaque, tandis qu'en réalité ce sont ces signes eux-mêmes qui vont à elle.

Il se peut encore que, des régions du monde diamétralement opposées, s'élancent des courants d'air périodiques, qui transportent alternativement le Soleil des signes de l'été dans les froides contrées du septentrion, et le rejettent de ces climats glacés et ténébreux dans le brillant séjour du Cancer.

(1) Ces tourbillons de Démocrite, dont les gyrations sont censées se ralentir vers le centre, n'ont rien de commun avec ceux de Descartes.

Dans ce cas, ce sont aussi des courants d'air alternatifs qui entraînent la Lune et les étoiles, dont la grande révolution ne s'achève qu'en un grand nombre d'années. Ne vois-tu pas les nuages eux-mêmes, poussés par des vents contraires, suivre, les uns en bas, les autres en haut, des directions opposées? Pourquoi les astres ne seraient-ils pas transportés de même dans les vastes plaines des cieux par des courants d'air différents?

La nuit couvre la Terre de ses ténèbres épaisses, ou parce que le Soleil, arrivé aux extrémités du ciel et fatigué de sa course immense, laisse expirer ses feux déjà amortis par la longueur de la route et les torrents d'air qu'ils ont pénétrés, ou parce que la même action qui a transporté son disque au-dessus de nos têtes le force à rouler sous nos pieds dans une direction contraire.

Matuta, à un moment déterminé, promène au milieu des airs l'Aurore aux doigts de rose, pour ouvrir les portes de la lumière, ou parce que le même Soleil qui était caché sous la Terre, devancé à son retour par ses rayons, s'efforce d'échauffer le ciel, ou parce que, à des heures réglées, un grand nombre de feux et de corpuscules ignés se rassemblent périodiquement et forment tous les jours un nouveau Soleil. Ainsi l'on raconte que du sommet du mont Ida l'on voit, dès l'aube du jour, des feux épars se réunir sous la forme d'un globe éclatant et parcourir les cieux.

Au reste, on ne doit pas s'étonner de ce que ces éléments de feu se rassemblent ainsi à des heures marquées pour réparer l'éclat du Soleil. Nous voyons dans l'univers un grand nombre de phénomènes soumis à la même régularité. C'est dans des temps fixes que les arbres se couvrent et se dépouillent de fleurs; c'est dans des temps fixes que l'âge ébranle les dents de la vieillesse et couvre d'un léger duvet les membres et les joues de l'adolescence. Enfin la foudre, la neige, la pluie, les vents et les nuages suivent sans trop d'irrégularité le cours des saisons. En effet, l'énergie de chaque cause ayant été déterminée, et la première impulsion une fois donnée à l'univers, lors de la formation du monde, toute la suite des phénomènes est assujettie à cet ordre invariable,

Nous voyons les jours croître et les nuits diminuer, et réciproquement, parce que le Soleil, restant toujours le même et décrivant sur nos têtes et sous nos pieds des arcs inégaux, coupe le ciel et divise son orbite en parties de différente grandeur, mais en restituant toujours à celle vers laquelle il penche la portion de lumière qu'il a retranchée de l'hémisphère opposé, jusqu'à ce qu'enfin il arrive au signe du ciel qui, placé dans l'intersection de l'écliptique et de l'équateur, rend les jours égaux aux nuits sur tout le globe; car alors la partie du ciel qu'il décrit se trouve à égale distance de l'aquilon et du midi par la position oblique du zodiaque où le Soleil décrit sa révolution annuelle et d'où il répand ses feux vers le ciel et la Terre. C'est ainsi que l'enseignent ces savants hommes dont les cartes ornées d'images sensibles nous représentent fidèlement toutes les régions du ciel.

Il se peut encore que l'air, plus grossier en quelques endroits, arrête et retienne sous terre les feux tremblants du Soleil, qui ne peut sans peine traverser ce fluide épais pour s'élever à l'orient, et que ce soit là la raison pour laquelle on attend, pendant de si longues nuits d'hiver, le retour des rayons du Soleil. Il se peut enfin que les feux dont la réunion fait lever le Soleil à des points fixes de l'horizon se rassemblent alternativement plus ou moins vite, selon la différence des saisons.

Quant à la Lune, elle peut emprunter son éclat du Soleil et nous présenter de jour en jour une face lumineuse d'autant plus considérable qu'elle s'éloigne davantage du disque solaire, jusqu'à ce que, en opposition avec lui, elle brille d'une lumière pleine et voie le coucher du Soleil de l'endroit exhaussé où elle se lève; ensuite elle doit peu à peu cacher, pour ainsi dire, sa lumière derrière elle, à mesure qu'elle s'approche du Soleil en parcourant l'autre moitié du cercle des signes : telle est l'explication de ceux qui regardent la Lune comme une boule qui roule sans cesse au-dessous du Soleil, et cette explication n'est pas dénuée de vraisemblance.

Au reste, même en conservant une lumière propre, la Lune peut fournir sa course et parcourir ses différentes

phases, par exemple si un autre corps, mû d'un mouvement parallèle à celui de la Lune dans son orbite, s'oppose sans cesse à son disque sous toutes sortes d'aspects, invisible lui-même si on le suppose dépourvu de lumière. Elle peut encore rouler sur elle-même, comme un ballon teint de lumière dans une de ses moitiés, et, au moyen de cette rotation centrale, développer successivement ses différentes phases, jusqu'à ce que sa partie éclairée tout entière frappe nos yeux; ensuite elle nous dérobe par degrés sa partie lumineuse, qu'elle reporte derrière elle. Tel est le système que la doctrine chaldéenne s'efforce d'établir sur les ruines de l'astrologie grecque, comme si ces deux explications n'étaient pas également vraisemblables, comme s'il y avait des motifs d'exclusion pour l'une ou pour l'autre.

Enfin la nature ne pourrait-elle pas produire une Lune pour chaque jour, avec une suite régulière de formes et d'aspects différents, détruire la Lune de la veille et mettre la nouvelle à sa place? Il n'est pas aisé de démontrer l'impossibilité de cette supposition, surtout ayant l'expérience journalière d'une infinité de pareilles productions périodiques. Le Printemps paraît et l'Amour naît avec lui, et le Zéphyr, avant-coureur de l'Amour, bat de l'aile à ses côtés, tandis que Flore, sa mère, lui prépare une route de fleurs et de parfums. Viennent ensuite la chaleur et l'aridité, la poudreuse Cérès et le souffle dévorant des vents étésiens. L'Automne prend leur place, accompagné du dieu de la vigne, suivi des orages, des tempêtes, du vulturne grondant et du vent du midi qui prépare la foudre. Enfin les frimas, les neiges et le froid engourdissent la nature et traînent à leur suite l'Hiver, que transit le froid et dont les dents s'entrechoquent. Après tant d'exemples de productions réglées, sera-t-on surpris de ce que la Lune soit engendrée et détruite dans les temps marqués?

Les éclipses de Soleil et de Lune sont aussi susceptibles de plusieurs explications; car, si la Lune peut ravir à la Terre la lumière du Soleil, nous cacher son front brillant, et, par l'interposition de sa masse opaque, en intercepter tous les rayons, un autre corps doué de mouvement et privé

sans cesse de lumière ne peut-il pas, dans le même temps, produire le même effet? Le Soleil lui-même ne peut-il pas, dans un certain temps, languir et perdre son éclat, qu'il reprend après avoir traversé les régions de l'air ennemies de sa flamme et qui occasionnaient l'extinction de sa lumière? Si la Terre peut à son tour dépouiller la Lune de sa clarté, et, placée au-dessus du Soleil, tenir tous ses rayons captifs pendant que l'astre des mois se plonge dans l'ombre épaisse et conique de notre globe, un autre corps ne peut-il pas, dans le même temps, rouler sous le globe de la Lune et au-dessus du disque solaire, et, par cette interposition, fermer le passage à la Lumière? Et, si la Lune brille d'un éclat qui lui soit propre, ne peut-elle pas languir dans certaines régions du monde, en traversant un fluide capable d'éteindre ses feux?

J'ai expliqué comment tous les corps de notre monde ont pu se former dans l'enceinte azurée du ciel; j'ai fait connaître les diverses révolutions du Soleil et de la Lune, quelle cause, quelle force font mouvoir ces deux astres; pour quelle raison ils perdent leur lumière et paraissent s'éteindre quelquefois; comment ces grands yeux de la nature, en se fermant et se rouvrant tour à tour, répandent tout à coup sur la Terre une nuit inattendue, ou colorent sa surface d'une lumière brillante. Maintenant je reviens à l'enfance du monde, et j'examine quels ont été les premiers essais de la Terre naissante, les premières productions qu'elle hasarda d'exposer à l'inconstance des airs et des vents.

D'abord la Terre revêtit les collines et les campagnes d'herbes et de verdure de toute espèce; les fleurs brillèrent parmi le gazon dans les vertes prairies; ensuite les arbres, animés par une sève abondante, élevèrent à l'envi leurs rameaux dans les airs. De même que les plumes, les poils et la soie sont les premières parties qui naissent aux volatiles et aux quadrupèdes, de même la Terre, encore nouvelle, commença par produire des plantes et des arbrisseaux; ensuite elle créa toutes les espèces mortelles, avec une variété et des combinaisons infinies; car, certes, les animaux ne sont pas tombés du ciel, et les habitants de la Terre ne sont pas sortis de l'onde salée.

Il faut donc que la Terre ait reçu avec raison le nom de mère, puisque tout a été tiré de son sein. Aujourd'hui encore beaucoup d'êtres vivants se forment dans la Terre à l'aide des pluies et de la chaleur du Soleil. Est-il donc surprenant qu'un plus grand nombre d'animaux plus robustes en soient sortis dans le temps où la Terre et l'air jouissaient de la vigueur du jeune âge?

D'abord on vit éclore de leurs œufs les volatiles et les oiseaux de toute espèce, que la chaleur du printemps mettait en liberté; telles encore aujourd'hui les cigales, pendant l'été, quittent d'elles-mêmes leur frêle enveloppe pour se procurer la nourriture qui les soutient. Alors la Terre produisit la première génération des hommes. Les plaines conservaient encore un grand nombre de particules de feu et d'eau; pour cette cause, dans les lieux les plus favorables, croissaient des espèces de matrices attachées à la Terre par des racines; quand l'âge et la maturité ouvraient une issue au nouvel embryon las de l'humidité et impatient de respirer l'air, la nature dirigeait vers lui tous les pores de la Terre et faisait couler par ces ouvertures un suc de la nature du lait. Ainsi les femmes, après l'enfantement, se remplissent d'un lait pur, parce que la partie la plus succulente des aliments se porte dans les mamelles. La Terre fournissait aux enfants leur nourriture, la chaleur les dispensait de vêtements, et le duvet des gazons leur tenait lieu de lit.

Le monde, dans ce premier âge, ne connaissait ni les froids pénétrants, ni les chaleurs excessives, ni les vents destructeurs : tous ces fléaux ont eu leur naissance et leur progrès, comme le reste. Je le répète donc, nous avons eu raison de donner à la Terre le nom de *mère commune,* puisque c'est elle qui a créé l'homme, qui a produit presque dans le même temps tous les animaux, et ceux dont la fureur se déchaîne sur les montagnes, et ceux qui traversent les airs sous mille formes diverses.

La Terre s'efforçait encore dans le même temps de produire des animaux d'une figure et d'une structure extraordinaires : on vit l'androgyne, monstre qui, avec la forme des deux sexes, diffère également de l'un et de l'autre. On vit des corps sans

pieds, sans mains, sans bouche, sans yeux ; d'autres dont les membres, dans toute leur étendue, étaient liés intimement au tronc : ils ne pouvaient ni agir, ni marcher, ni éviter le péril, ni se procurer leur subsistance. La Terre créait encore d'autres monstres et d'autres prodiges de cette espèce, mais en vain : la nature ne leur permit pas de s'accroître, de parvenir à la fleur de l'âge, de trouver leur nourriture, de s'unir par les liens de l'amour. Car il faut pour la propagation des espèces le concours d'un grand nombre de circonstances : d'abord des aliments, ensuite des germes féconds disséminés dans tous les membres, et des canaux dans lesquels ces germes se rendent de toutes les parties du corps, enfin une telle proportion dans les organes extérieurs, que le mâle et la femelle puissent se joindre par les nœuds d'une volupté mutuelle.

Mais, comme la faculté génératrice doit avoir un terme, la Terre se repose, semblable à une femme épuisée par l'âge ; car le temps change la face entière du monde, un nouvel ordre de choses succède nécessairement au premier : rien ne demeure constamment le même ; tout nous atteste les vicissitudes, les révolutions et les transitions continuelles de la nature. Les corps affaiblis par les ans tombent en putréfaction ; d'autres sortent de la fange et se fortifient. Ainsi le temps dénature tout ; ainsi la Terre passe sans cesse d'un état à un autre et perd l'énergie qu'elle avait pour acquérir des propriétés qui lui manquaient.

Dans ces premiers siècles, plusieurs espèces ont dû périr sans pouvoir se reproduire et se multiplier. En effet, tous les animaux actuellement existants ne se conservent que par la ruse, la force ou la légèreté dont ils ont été doués en naissant, excepté un certain nombre que nous avons pris sous notre protection, à cause de leur utilité. Les lions cruels et les autres bêtes féroces se défendent par la force, les renards par l'adresse, les cerfs par la fuite. Le chien fidèle et vigilant, les bêtes de somme, la brebis couverte de laine, le bœuf laborieux sont des espèces confiées à notre garde. Ils évitaient les bêtes féroces, recherchaient la paix et voulaient une nourriture abondante, acquise sans danger : nous la leur accordons, comme un salaire des services qu'ils nous rendent. Mais les

animaux que la nature n'avait pas pourvus des qualités nécessaires pour vivre indépendants ou pour nous être de quelque utilité, pourquoi nous serions-nous chargés de leur nourriture et de leur défense? Enchaînés par le malheur de leur destinée, il fallait qu'ils servissent de proie aux autres animaux, jusqu'à ce que la nature eût entièrement détruit leurs espèces.

Il est curieux de comparer cette cosmogonie à celle de la Bible. Les éléments sont confondus; puis ceux de la Terre se rejoignent pendant que la voûte céleste se forme et s'épaissit. C'est alors seulement qu'apparaissent le Soleil et la Lune. Mais, avant le Soleil, le jour était produit par Matuta qui amène l'Aurore et ouvre les portes de la lumière. Ainsi la cosmogonie de Lucrèce est un pas rétrograde par rapport à la Science de son temps; que dis-je? elle rétrograde à certains égards jusqu'à une époque bien antérieure à celle de la Genèse, jusqu'aux temps où l'on croyait qu'un Soleil nouveau se formait chaque matin pour parcourir le ciel pendant le jour, et aller se dissoudre et s'éteindre le soir à l'horizon.

Quant aux végétaux et aux animaux, la Terre, dans la fécondité de sa première jeunesse, produisit tout, fit sortir tout de son sein. On vit éclore de leurs œufs les volatiles que la chaleur du printemps mettait en liberté. Quant aux hommes, des matrices se produisirent, tenant au sol par des racines et renfermant les premiers embryons humains. Des enfants en sortaient, et la Terre, par diverses ouvertures, dirigeait vers leur bouche des sucs nutritifs, semblables au lait qui coula plus tard dans les mamelles de la femme.

Arrivé là, l'illustre Memmius, l'auditeur bénévole de Lucrèce, n'aura pu s'empêcher, j'imagine, de sou-

rire de la naïveté de son professeur d'épicuréisme. Aujourd'hui Lucrèce y mettrait plus d'art. Il montrerait la matière s'organisant d'elle-même en débutant par la forme la plus simple ; puis les êtres rudimentaires engendrant peu à peu des êtres plus complexes, et ces êtres arrivant enfin, de progrès en progrès, par la force des choses, à l'organisation sublime de l'homme intelligent, ayant conscience de sa liberté, apte à connaître et à comprendre l'univers. Seulement un Memmius moderne, doué de quelque bon sens, trouverait sans doute que cette force des choses, capable de produire de si beaux résultats, mérite un autre nom.

J'ai dit que les conclusions de la doctrine de Lucrèce étaient déprimantes au point de vue moral. Il n'est que trop facile de le prouver. Nulle part dans ses chants on ne trouvera trace de ce patriotisme qui n'était pas encore complètement éteint à Rome, et que des auteurs de son temps, mieux inspirés, s'efforçaient de raviver. L'homme n'a rien à espérer au delà de cette vie ; le bonheur qu'il poursuit sans cesse ici-bas lui échappe presque toujours : il n'y a donc pas d'autre ressource que de regarder tous les événements d'un œil tranquille, et d'éviter les fortes passions, car, comme dit Juvénal :

Nullum numen abest si sit prudentia...

Vénus elle-même, qu'il invoque en vers magnifiques au début de son poème, est une cause de soucis et de tourments, même pour les animaux. D'ailleurs avec un peu de savoir-faire :

Nec Veneris fructu caret is qui vitat amorem,
Sed potius quæ sunt sine pœna commoda sumit.

La réputation qu'on faisait à Rome au joyeux troupeau d'Épicure (*Epicuri de grege porcus*) ne s'appliquait certes pas au grave Lucrèce ; mais comment s'étonner que cette triste doctrine, bien qu'elle n'ait pas été inspirée par l'égoïsme, mais par la lutte contre une religion devenue inacceptable, aboutisse à ces vers si connus :

Suave mari magno turbantibus æquora ventis,
E terra durum alterius spectare laborem :
Non quia vexari quemquam est jucunda voluptas,
Sed quibus ipse malis careas quia cernere suave est.
Suave etiam belli certamina magna tueri
Per campos instructa, tua sine parte pericli.

CHAPITRE VI.

VIRGILE ET OVIDE.

Les doctrines d'Épicure étaient assez répandues dans les classes élevées. Les poèmes de Virgile en présentent des traces, témoin ces vers de la VI^e^ Églogue que Virgile met dans la bouche de Silène, surpris et enchaîné dans sa grotte par de jeunes bergers. Pour obtenir sa délivrance, le vieux dieu consent à chanter; il dit comment :

> ..... au milieu du grand vide,
> Enfin la terre et l'eau, l'air et le feu liquide,
> Nés d'atomes sans nombre, heureusement groupés,
> Peuplèrent du chaos les champs inoccupés.
> Comment il en sortit les choses primitives,
> Et comment, séparés des grandes eaux captives,
> L'orbe du monde à nu prit ses contours divers ;
> Et de quelle stupeur fut saisi l'univers,
> Quand Phébus y versa la lumière inconnue,
> Ou quand la pluie à flots y tomba de la nue.

Ici aussi le Soleil vient après la Terre et après la voûte céleste.

Enfin pourquoi ne terminerais-je pas ce rapide exposé des cosmogonies anciennes par les gracieux vers d'Ovide que l'on nous faisait réciter dans notre enfance et que l'on cite encore si souvent avec plaisir.

En voici la traduction par M. Saint-Ange :

I. — *Le Chaos.*

Avant la mer, la terre et la voûte des cieux,
La nature, cette œuvre admirable des dieux,
Sans mouvement, sans vie, indigeste, uniforme,
N'était qu'un tout confus, où rien n'avait sa forme.
On l'appela *Chaos,* mélange ténébreux
D'éléments discordants mal ordonnés entre eux.
Le dieu dont la clarté donne la vie au monde
N'épanchait point les feux de sa chaleur féconde ;
Et le cours de Phœbé ne réglait point les mois.
La Terre, dans le vide où la soutient son poids [1],
N'était point suspendue ; et, pressée autour d'elle,
Thétis n'embrassait point les longs flancs de Cybèle.
L'air, et la terre, et l'onde, et le feu confondus,
Dans l'ombre primitive au hasard répandus,
Entassaient pêle-mêle et le plein et le vide,
Le froid avec le chaud, le sec avec l'humide,
Les corps les plus pesants, les corps les plus légers,
L'un de l'autre ennemis, l'un à l'autre étrangers.

II. — *Les Éléments.*

Un Dieu, de l'Univers architecte suprême,
Ou la Nature enfin, se corrigeant soi-même,
Sépara, dans les flancs du ténébreux Chaos,
Et les cieux de la terre et la terre des eaux,
Et l'air moins épuré de la pure lumière.
Quand il eut débrouillé la confuse matière,
Entre les éléments séparés à jamais
Il établit les lois d'une éternelle paix.
Le feu léger monta dans le ciel planétaire ;
L'air, voile diaphane, enveloppa la Terre ;
Elle entraîna l'amas des plus lourds éléments,

---

[1] Ce vers étonnant n'est pas une trahison du traducteur. Ovide a dit :

Nec circumfuso pendebat in aere Tellus
Ponderibus librata suis.

C'est du Lucrèce tout pur.

Sur son centre affermi posa ses fondements,
Gravita sur soi-même, et l'onde qui l'embrasse
Entoura mollement sa solide surface.

III. — *Formation du Monde.*

Quand ce Dieu, quel qu'il fût, en des lieux différents
Aux éléments divers eut assigné leurs rangs,
De la Terre d'abord informe en sa structure
Sa main en sphère immense arrondit la figure.
Autour d'elle à sa voix roulent les vastes mers;
Les vents soulèvent l'onde; ils épurent les airs.
Aux fleuves, aux ruisseaux entraînés par leur pente,
Il traça les détours où leur onde serpente :
Répandus sur la terre, ils fécondent son sein,
Courent au fond des mers se perdre en leur bassin;
Et fiers de n'être plus resserrés dans des rives,
Roulent en liberté leurs eaux longtemps captives.
Il creusa les étangs, les lacs et les marais,
D'une immense verdure ombragea les forêts,
Abaissa les vallons, aplanit les campagnes,
Et de rocs sourcilleux couronna les montagnes.

IV. — *Les Zones.*

Et comme il a tracé, géomètre éternel,
Cinq zones partageant les régions du ciel,
Cinq zones sur la Terre, aux mêmes intervalles,
Partagent ses climats en mesures égales.
Une, par la chaleur dévorée en tout temps,
Ceint le milieu du globe, et n'a point d'habitants.
Un éternel amas de neige et de froidure
Des deux pôles glacés hérisse la ceinture;
Et du froid et du chaud variant le degré,
Sur deux zones encor règne un ciel tempéré.

V. — *Les Vents.*

Moins léger que le feu, mais plus léger que l'onde,
Le fluide des airs environne le monde.
C'est là qu'il suspendit les nuages mouvants,

La foudre, effroi de l'homme, et l'empire des vents.
Mais celui qui des airs leur a livré les plaines
Asservit à des lois leurs bruyantes haleines;
Et, rendant leur discorde utile à l'univers,
Relégua chacun d'eux en des climats divers.
.....
Par delà le séjour des vents et des nuages,
S'étend dans l'Empyrée un espace azuré
Où nage de l'Éther le fluide épuré.

VI. — *Les Astres.*

Lorsque le grand arbitre eut prescrit ces limites,
A des astres sans nombre il traça leurs orbites.
Tout le ciel rayonna de flambeaux éclatants,
Dans la nuit du chaos obscurcis trop longtemps.
Tout eut ses habitants : la demeure éthérée
Fut le séjour sacré des dieux de l'Empyrée.
Les animaux divers, les poissons, les oiseaux,
Peuplèrent et la terre, et les airs, et les eaux.

VII. — *L'Homme.*

Mais la nature encor semblait attendre un maître
Doué de la raison, un roi digne de l'être :
Enfin l'homme naquit; soit qu'un être divin
L'ait animé d'un souffle émané de son sein;
Soit que la Terre encor de jeunesse parée,
Des rayons de l'Éther à peine séparée,
Eût imprégné de vie un limon plus parfait;
Et qu'alors un Titan, savant fils de Japet,
A l'image des dieux modérateurs du monde,
Eût pétri sous ses doigts cette argile féconde.
Sous le joug de l'instinct les animaux penchés,
Tous baissent leurs regards à la terre attachés :
L'homme lui seul, debout, la tête redressée,
Élève jusqu'au ciel sa vue et sa pensée.
Le limon ennobli, changeant ses vils destins,
Reçut ainsi les traits du premier des humains,

TROISIÈME PARTIE.

OPINIONS COSMOGONIQUES DES MODERNES.

C'est à peine si cette modernité commence au XVI^e^ siècle. Nous y retrouvons en effet, en pleine floraison, les idées de Platon ou plutôt d'Aristote. Même pour Copernic, le monde se compose encore de deux parties, l'une sublunaire, la Terre, séjour des êtres matériels où l'on ne vit que pour mourir, où toute flamme finit par s'éteindre, tout mouvement par s'épuiser; et l'autre, la partie céleste, incorruptible, invariable, de nature divine, créée d'après Platon, éternelle et incréée selon Aristote. A ces astres divins ne conviennent que des formes géométriquement parfaites, le cercle; leurs mouvements doivent être parfaits, c'est-à-dire uniformes. Copernic lui-même n'a jamais renoncé à cette idée que les astres devaient nécessairement parcourir des orbites de toute perfection. Pour eux, dit-il, un mouvement non circulaire, une vitesse non uniforme, ne sauraient être admis, *quoniam ab utroque abhorret intellectus, essetque indignum tale quiddam in illis existimari.*

La vérité est qu'il a fallu des coups terribles pour ébranler le colosse antique; les efforts des plus grands esprits du siècle suivant ont suffi tout juste pour le

renverser. Mais il ne faudrait pas attribuer à l'esprit humain seul l'initiative et le succès de cette lutte. Ce n'est pas lui qui a porté les premiers coups. Il y a fallu, comme toujours, la pression des événements. C'est ainsi que les hommes n'ont renoncé à leur première conception du monde que sous l'influence des grandes migrations; à la seconde, sous l'influence de la navigation hors de la Méditerranée. Pour ébranler la troisième et décider Copernic à renoncer aux doctrines d'Aristote et de Ptolémée, il a fallu la découverte du nouveau Monde.

Tant que l'Europe put jouir plus ou moins paisiblement du commerce de l'Orient, rien ne changea dans les idées. Mais il vint un temps où les issues ouvertes sur l'Orient furent fermées successivement par l'Islamisme. Bientôt un coup fatal fut frappé. A la chute de Constantinople, en 1453, l'Europe s'aperçut avec stupeur qu'il ne lui en restait plus une. C'est alors que les plus habiles marins de Gênes et de Venise, quittant leur patrie désormais ruinée, allèrent de cour en cour représenter aux pays situés sur les bords du grand océan Atlantique qu'il y avait pour eux une autre route vers les richesses des Indes, du Cathay et des îles Zipangu (le Japon), celle de l'ouest. Christophe Colomb fit agréer ses projets par la cour d'Espagne. Ils étaient basés sur le dire d'Aristote qui trouvait la Terre petite, et qui croyait que les Indes devaient rejoindre l'Afrique. On sut plus tard que les Indes n'allaient pas jusque-là; mais Colomb pensait qu'il ne s'en fallait guère et qu'en un mois de navigation, tout au plus, il atteindrait les côtes orientales de l'Asie. Il en mit deux : par un prodigieux coup de

fortune, au lieu de marcher à une catastrophe presque assurée, il rencontra de nouvelles terres. Il les prit pour des dépendances du Cathay ou du Japon, et mourut persuadé qu'il avait touché l'Asie par l'ouest. Cette découverte produisit en Europe un effet incroyable. On apprit bientôt qu'il y avait là, au lieu du prolongement des Indes, un immense continent interposé entre l'Europe et l'Asie. Trente ans plus tard, le voyage bien plus scientifique de Magellan acheva de montrer que les Anciens n'avaient eu que les notions les plus fausses sur la moitié du monde habité. Le prestige de la Science antique était sérieusement entamé.

Copernic était contemporain de Colomb et de Magellan. Il avait vingt ans à l'époque de la découverte de l'Amérique ; il en avait cinquante quand les compagnons de Magellan achevèrent le premier voyage autour du monde. C'est vers cette dernière époque qu'il osa s'écarter des théories régnantes d'Aristote et de Ptolémée pour reprendre, après un long oubli, les idées pythagoriciennes : il le fit en homme supérieur. Au siècle suivant Kepler compléta la révolution commencée par Copernic en prouvant que les orbites planétaires n'étaient nullement des cercles, même excentriques, mais des ellipses, courbes *imparfaites,* n'ayant aucun titre à figurer parmi les *paradigmata rerum* sur lesquels le Dieu suprême de Platon avait organisé l'univers.

Mais les doctrines des Anciens n'étaient qu'ébranlées : elles dominaient encore, même les esprits qui venaient de leur porter un premier coup. Ainsi, en 1606, l'empereur Rodolphe II, protecteur éclairé

des Sciences, qui s'était attaché Tycho Brahe et Kepler, et à qui l'Astronomie moderne doit son premier monument, les Tables Rudolphines, consultait officiellement son astrologue sur l'issue de la guerre qui venait d'éclater entre la République de Venise et le Pape Paul V. Kepler était obligé de répondre : c'était un des devoirs de sa charge d'Astronome impérial. Il le fit sur un ton demi-sérieux, de manière à laisser percer ses doutes; mais au fond, il n'était pas complètement détaché de l'astrologie, comme on va le voir par la pièce suivante.

Une conjonction de Jupiter et de Saturne, dans le signe du Lion, était annoncée pour 1623. On était alors en pleine guerre (celle de Trente ans) et l'attente de ce phénomène céleste éveillait partout les plus sombres pressentiments. Kepler avait déjà étudié, au point de vue astrologique, un événement analogue qui s'était produit en 1603. En le retrouvant au ciel vingt ans plus tard, il ne peut s'empêcher de voir dans ce retour un signe des intentions de la Providence.

Je rappelle, dit-il, aux puissants de la terre que les grandes conjonctions ont toujours précédé des révoltes ou des séditions terribles. Telle est celle de 1524, un peu avant la guerre des Paysans, celle de 1544 avant la guerre allemande, celle de 1563 avant l'insurrection des Pays-Bas, celle de 1583 précédant des troubles en France, celle de 1603 avant ceux de Hongrie, partout en un mot où le peuple opprimé se trouve réduit au désespoir. Considérez dans quel état la rareté de l'argent et des grains, résultat fatal de l'accaparement et des guerres prolongées, a réduit les gens du commun. Ne craignez-vous pas que les influences célestes qui vont se reproduire dans des circonstances semblables ne provoquent de nouveau de folles insurrections, comme celle des anabaptistes?

Ainsi, voilà un des pères de l'Astronomie moderne dont l'esprit lutte en plein XVII^e^ siècle avec le génie néfaste de la Science antique sans pouvoir s'en débarrasser entièrement. Aujourd'hui nous avons quelque peine à nous représenter cet état mental confus et contradictoire où les plus brillantes découvertes se mêlaient, se heurtaient aux antiques rêveries. Le moment était venu de reconstruire sur de nouvelles bases tout l'édifice scientifique, mais pour cela il fallait entamer la lutte contre la philosophie dominante, d'autant plus puissante qu'on croyait l'avoir accommodée au dogme chrétien. Cette philosophie avait pour elle tout un arsenal de causes premières et secondes, de qualités visibles ou occultes dont on se servait pour tout expliquer sans se donner la peine de rien étudier. Elle dotait l'Astronomie d'essences sidérales, incorruptibles, gouvernant les choses d'ici-bas, elle offrait à la Physique et à la Chimie les quatre éléments et les qualités premières du chaud, du froid, du sec et de l'humide, à la Médecine les quatre tempéraments et les vertus des simples. La pesanteur était pour elle, comme du temps d'Aristote, une tendance innée des corps vers le centre du monde; on rendait compte des aimants par des sentiments de sympathie ou d'antipathie, et si l'opium faisait dormir, c'est qu'il était doué d'une vertu dormitive. Pour donner une faible idée de l'empire que les doctrines d'Aristote exerçaient alors sur les esprits, permettez-moi de raconter l'histoire du P. Scheiner, d'Ingolstadt, qui venait de découvrir les taches du Soleil avec la lunette d'approche récemment inventée en Hollande. Que deviendrait alors le dogme de l'incorruptibilité

des Cieux! Il alla raconter son observation au P. Budée, son provincial, qui lui répondit : « J'ai lu et relu bien souvent mon Aristote, et je puis vous certifier qu'il ne s'y trouve rien de pareil. Allez, mon fils, tenez-vous l'esprit en repos. Les taches que vous croyez avoir vues au Soleil étaient dans vos yeux ou dans les verres de votre lunette. »

A chaque découverte nouvelle éclatait l'incompatibilité de cette doctrine avec la Science renaissante. Il fallait donc faire table rase de tout cela. C'est l'œuvre que Descartes a entreprise aux applaudissements de tout ce que son siècle a compté d'hommes éminents. Grâce à lui les idées de monde et d'univers, dégagées de la gangue polythéiste, vont se développer librement et l'ère moderne a commencé.

Ce qui caractérisera désormais les idées cosmogoniques, c'est l'idée que l'univers n'a rien de plus divin que les corps terrestres qui nous entourent et qu'il obéit aux mêmes lois mécaniques ou physiques, c'est la distinction du petit monde solaire et de l'univers, c'est la Terre mise à sa vraie place parmi les planètes qui circulent autour de notre étoile, c'est la disparition définitive de l'idée de Ciel ou des Cieux solides de l'antiquité.

Quel triomphe pour l'École pythagoricienne!

CHAPITRE VII.

DESCARTES.

Ainsi il s'agissait d'une révolution philosophique. Il ne m'appartient pas de la caractériser dans son ensemble. Je me bornerai à rappeler ici quelques-unes des idées de Descartes, afin de rendre plus intelligible la fameuse théorie des tourbillons.

Pour Descartes, il n'y a dans la nature que matière et mouvement. La matière elle-même s'identifie dans sa pensée avec l'espace : son essence consiste en cela seul que c'est une substance étendue. Partout elle est identique à elle-même; les propriétés qu'on y remarque tiennent seulement aux divisions multiples qu'elle a subies lorsque Dieu lui a donné le premier branle, ici dans un sens, là dans un autre, et à l'intensité de ses mouvements. Il n'y a pas de vide dans la nature : s'il était possible d'enlever de l'intérieur d'un vase tout ce qu'il contient en fait de matière visible ou invisible, ses parois se rejoindraient. L'air qui entoure la Terre est un fluide subtil, mais matériel. Plus subtile encore est la matière en mouvement qui remplit l'espace céleste. Mais il y a un premier élément encore plus délié, l'éther, dont les parties insaisissables sont animées de mouvements excessivement rapides (vibrations, ondulations). Ces éléments, répétons-le, n'ont pas de propriétés particu-

lières ou spécifiques : c'est toujours la même matière, plus ou moins divisée, plus ou moins agitée. Quant à la quantité de mouvement que possède cette matière d'un univers que Descartes se refuse à considérer comme infini, elle est invariable : Dieu la conserve de même qu'il l'a créée.

D'après cela, le mouvement d'un corps résulte toujours d'un mouvement antérieur communiqué, au contact, par d'autres corps. Sans doute tout corps qui se meut tend à continuer son mouvement en ligne droite, ainsi qu'une pierre lancée à l'aide d'une fronde ; mais, à prendre les choses en général, la force centrifuge qui résulte d'un mouvement circulaire peut être contrariée ou même annulée à chaque instant par les autres corps. Réciproquement, tout mouvement d'un corps tend à déplacer des corps qui sont remplacés par d'autres, et ainsi de suite, successivement, jusqu'à ce qu'il aboutisse à un cercle ou anneau de corps qui se déplacent ensemble. Descartes explique ensuite en quoi consiste la nature des corps durs et des liquides (troisième élément). La liaison des parties d'un corps ne tient pas à un ciment ou à une vertu (force) particulière, mais simplement à ce qu'elles sont en repos au regard l'une de l'autre. Enfin il montre comment le second élément, celui qui remplit l'espace céleste en se mouvant avec une grande rapidité, peut entraîner les corps solides qui s'y trouvent plongés.

Évidemment Descartes donne à l'espace géométrique un rôle exagéré en le considérant comme une substance ; il dépouille par trop la matière en la réduisant à n'être que de l'étendue, et l'on ne voit pas

du tout comment il parviendra à figurer, à interpréter les phénomènes naturels rien qu'en imprimant des mouvements quelconques à cette matière-là. C'est cependant ce que Descartes a entrepris de faire, non seulement pour l'Astronomie, mais aussi pour la Physique, la Chimie et la Science des corps organisés. Je me hâterai de rappeler que, si la Science a fini par rompre avec Descartes, pour remettre en honneur, d'après Newton, une de ces qualités occultes dont on était d'abord si heureux d'être délivré, à savoir la sympathie ou l'attraction des corps les uns pour les autres, à toute distance, si elle a passé du plein de Descartes au vide de Newton, la Science, dis-je, est revenue de nos jours à Descartes par la féconde conception de l'éther qui remplit l'espace et propage la lumière. N'a-t-elle pas ramené, comme Descartes, les phénomènes de la chaleur, de l'électricité, etc., à de simples mouvements vibratoires de la matière plongée dans un milieu indéfini ?

Bien plus, nous verrons qu'en fait de cosmogonie nous aurons besoin de recourir à quelque chose d'analogue à ses tourbillons. Celle de Descartes résulte de ces prémisses de la manière la plus simple. Dieu a créé au commencement une quantité de matière à laquelle il a communiqué une quantité fixe de mouvement. Cette matière, continue elle-même comme l'espace qu'elle occupe, se subdivise en diverses parties sous l'influence de ces impulsions premières. Descartes nous fait assister, pour ainsi dire, à ses transformations et nous montre comment les étoiles, le Soleil, les planètes elles-mêmes en sont naturellement sortis.

Peu à peu ces parties, en se multipliant, en réagissant les unes sur les autres, ont fini par se classer sous trois formes différentes. Les plus grossières, les plus irrégulières, susceptibles de s'agglomérer et possédant une faible quantité de mouvement, forment les planètes et les comètes (troisième élément). D'autres parties bien plus nombreuses ont perdu leurs aspérités par le frottement, se sont arrondies et constituent les milieux fluides (deuxième élément), où le mouvement est bien plus rapide tout en tendant à se régulariser, à devenir circulaire à la manière des tourbillons qu'on remarque dans nos cours d'eau. La dernière forme est celle des particules excessivement déliées qui ont été détachées des premières, lorsqu'elles se sont arrondies; celles-là, animées de mouvements encore plus rapides (premier élément), vibrant en tous sens, constituent l'élément du feu et se sont principalement concentrées au milieu de chaque tourbillon, de manière à engendrer le Soleil et les étoiles. Mais ces deux derniers éléments, dont l'un est l'analogue de notre air, l'autre celui de l'éther des physiciens actuels, se trouvent aussi répandus dans les interstices des corps solides des planètes. Le premier élément pénètre partout grâce à la ténuité, à la mobilité de ses parties, et c'est à son agitation (ses vibrations) qu'il faut attribuer la lumière et la chaleur que nous observons dans les corps terrestres, et surtout dans le Soleil et les étoiles.

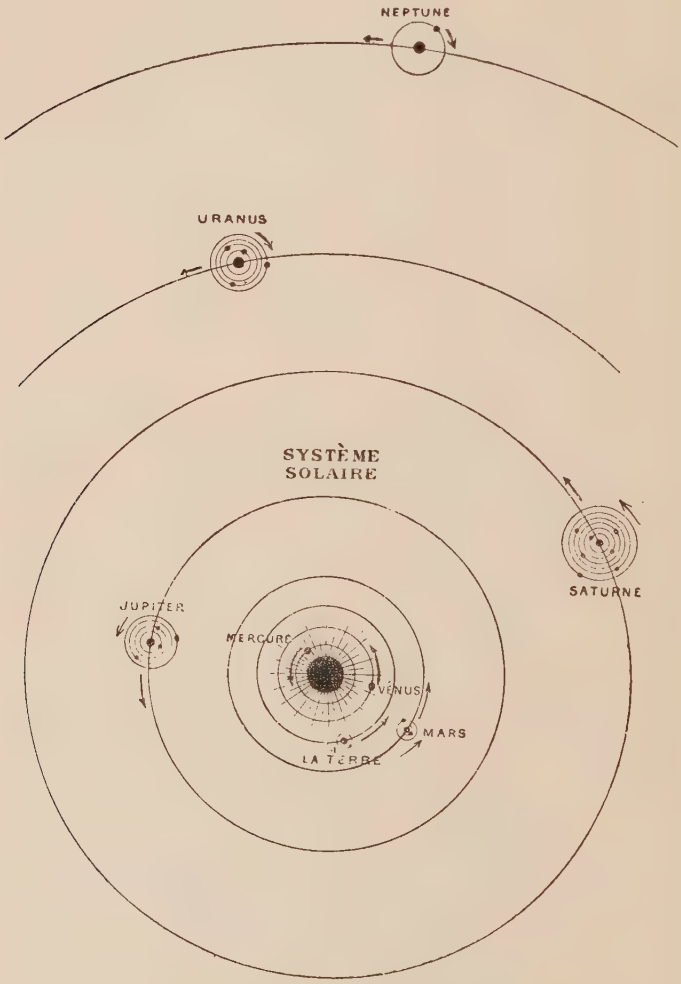
Comme le mouvement circulaire est le dernier terme auquel tendent, dans un milieu plein, les mouvements primitivement imprimés à la matière, on conçoit que les tourbillons qui se sont établis autour

du Soleil et des étoiles nous paraissent stables, et réguliers. Leur matière, principalement formée du second élément, entraîne dans sa course circulaire les amas grossiers formés du troisième, c'est-à-dire les planètes, et, de même qu'on voit dans les tourbillons terrestres se former d'autres tourbillons beaucoup plus petits autour de quelques fétus, de même chaque planète peut être le centre d'un tourbillon secondaire dans lequel nageront d'autres corps. Ceux-ci accompagneront la planète dans son cours, de manière à figurer des satellites, comme ceux qu'on venait de découvrir à Jupiter à l'aide des lunettes d'approche.

Si l'on compare cette théorie à la figure typique du système solaire (*fig.* 2), on verra qu'il existe entre elles un accord dont les contemporains de Descartes ont dû être vivement frappés. Chaque planète peut être assimilée à la pierre d'une fronde mise circulairement autour de la main qui en tient les cordons. Comme la pierre, elle s'échapperait par la tangente si elle n'était maintenue, non par la tension d'un fil, mais, ce qui revient au même, par l'action du milieu où elle est entraînée et dont elle suit les mouvements. Ainsi l'on voyait, pour la première fois, les mouvements planétaires ramenés à de pures actions mécaniques parfaitement intelligibles. Les mêmes actions présidaient aux mouvements des satellites autour de leurs planètes et de la Lune autour de la Terre. Enfin, Descartes montrait comment le phénomène de la pesanteur, la tendance des corps graves vers le centre de la Terre, sans doute aussi la tendance des satellites vers leurs planètes respectives, devaient résulter des

mouvements de la matière céleste dans ces divers tourbillons.

Fig. 2.



Ces idées nouvelles furent adoptées avec empressement par tous les savants contemporains de Descartes

et servirent longtemps à guider leurs recherches. Ainsi la théorie de la lumière de Huygens (double réfraction) et ses études sur la forme aplatie du globe terrestre dérivent des idées cartésiennes. Il en est de même de la théorie analytique du mouvement des planètes de Leibnitz. Descartes lui-même prit à tâche d'étendre l'application de ses idées à toutes les branches de la Science. On le vit avec admiration traiter de la lumière et y découvrir des lois de la réfraction, des météores et donner l'explication mathématique de l'arc-en-ciel, suggérer sur la Géologie des indications dont la valeur nous a été signalée dernièrement par l'un des premiers Géologues de notre époque, M. Daubrée; bien plus, on le vit appliquer le même principe aux corps vivants, et ramener à de simples conceptions mécaniques tout ce qu'on savait alors en fait d'Anatomie, de Physiologie et d'Embryologie humaines. Sans doute, il lui fallut recourir à de nombreuses hypothèses dont l'abus rend aujourd'hui illisible une partie de ses écrits; mais on doit reconnaître que la partie expérimentale, aujourd'hui si développée, faisait alors presque entièrement défaut. Quelle que soit la valeur du principe qui sert de point de départ ou de base à une théorie, il faut presque toujours se laisser diriger par les faits pour en tirer des conclusions, même lorsqu'il s'agit d'études où l'on emploie le plus puissant des instruments de logique, je veux dire l'Analyse. Or les faits manquaient alors. Descartes le sentait si bien, qu'il avait résolu de consacrer le reste de sa vie à des expériences, afin de faire progresser la science des corps organisés.

Certes l'admiration de ses contemporains ne lui a

pas manqué ; mais ce qu'il faut noter surtout, c'est l'adhésion que donnèrent à ses doctrines les plus illustres de son siècle, Huygens, Fermat, Leibnitz, Bernoulli, etc. On jugera de ces sentiments par l'épitaphe suivante, composée par Huygens, pour le tombeau qui lui avait été érigé en Suède, où Descartes mourut prématurément :

Sous le climat gelé de ces terres chagrines
Où l'hiver est suivi de l'arrière-saison,
Te voici sur le lieu qui couvre les ruines
D'un fameux bâtiment qu'habita la Raison.

Par la rigueur du sort et de la Parque infâme
Ci-gît Descartes au regret de l'univers ;
Ce qui servait jadis d'interprète à son âme
Sert de matière aux pleurs et de pâture aux vers.

Cette âme qui, toujours en sagesse féconde,
Faisait voir aux esprits ce qui se cache aux yeux,
Après avoir produit le modèle du monde,
S'informe désormais du mystère des cieux.

Nature, prends le deuil, viens plaindre la première
Le grand Descartes et montrer ton désespoir.
Quand il perdit le jour, tu perdis la lumière ;
Ce n'est qu'à ce flambeau que nous t'avons pu voir.

Le système des tourbillons est faux : vous allez en lire la condamnation magistralement formulée par Newton à la fin du Livre des *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle*, quarante ans après Descartes. Et pourtant il y a quelque chose dans cette théorie que les successeurs de Newton, Euler, Clairaut, d'Alembert, Lagrange et Laplace auraient développée peut-être s'ils n'avaient été détournés de

l'étude des mouvements tourbillonnaires par cette condamnation. Sur notre globe, les tourbillons des cours d'eau ou ceux des fleuves aériens (les tempêtes) jouent un bien grand rôle ; sur le Soleil lui-même, ce sont les tourbillons qui produisent les taches et la merveilleuse circulation de l'hydrogène incandescent que la spectroscopie nous a récemment révélée. C'est une véritable et bien regrettable lacune dans la Mécanique que cette théorie des tourbillons, à laquelle aucun de nos grands Géomètres n'a appliqué sa puissante analyse.

CHAPITRE VIII.

NEWTON.

M^me^ Conduit, la jolie nièce de Newton, racontait à Voltaire qu'à l'âge de vingt ans son oncle avait commencé à lire les œuvres de Descartes en les annotant. Fatigué d'avoir à écrire en marge, presque à chaque page, le mot *error,* le jeune homme avait fini par jeter le livre. Cette anecdote me paraît inexacte; je crois, au contraire, que Newton a d'abord été cartésien comme tout le monde, et qu'il a puisé dans les écrits de Descartes le premier mobile de ses réflexions. Les cartésiens de son temps savaient très bien se faire quelque idée, par des considérations mécaniques, du mouvement des planètes autour du Soleil et de la force qui les retient dans leurs orbites. On savait que cette force, grossièrement analogue à la tension des cordons d'une fronde en mouvement, se retrouve dans les mouvements de la Lune autour de la Terre. Grâce à la troisième loi de Kepler, dont Descartes n'avait pas eu connaissance, des Géomètres avaient réussi à faire sortir cette tendance vers le centre du vague où Descartes l'avait laissée; on n'ignorait pas qu'elle devait varier en raison inverse du carré des distances. La pesanteur était une force analogue

dirigée vers le centre de la Terre et Galilée en avait établi les lois, sauf celle de la variation avec la distance au centre. Huygens, en améliorant la conception de Descartes sur la pesanteur, devait même en déduire bientôt la figure de la Terre et déterminer son aplatissement. Il était donc bien naturel qu'un jeune cartésien de génie conçût l'idée de rapprocher la tendance de la Lune vers la Terre de la tendance analogue des corps pesants situés sur notre globe. Cette comparaison était facile à faire, dès 1666, grâce aux théorèmes de Huygens sur la force centrifuge que Newton n'aura pas manqué de trouver de son côté. Mais, remarquez-le bien, rien ne prouvait, dans les idées cartésiennes, que ces deux forces suivissent exactement les mêmes lois et que, ramenées à la même distance, elles dussent être égales. Il fallait voir.

Newton fit ce petit calcul, et trouva une différence notable. En véritable cartésien, il pensa dès lors qu'il pouvait bien y avoir, dans la force qui retient la Lune dans son orbite, autre chose que sa pesanteur vers la Terre, et ne s'occupa plus de ce sujet, dont le moindre élève aujourd'hui sent si bien toute la portée. S'il n'avait pas été un peu cartésien, il ne se serait pas posé la question; mais, une fois posée, s'il n'avait pas été cartésien, il ne se serait pas laissé arrêter du premier coup. Avant de la mettre de côté pour n'y plus penser pendant quinze ou seize ans, il aurait examiné les bases numériques de son calcul, et il n'aurait pas manqué de reconnaître que l'un de ses nombres, la longueur d'un degré du méridien, tiré par lui de quelque vieux Traité de Navigation, faute

de documents plus sérieux (1), était ridiculement faux. Il aurait trouvé d'excellentes déterminations de cet élément, celle de Fernel, en 1550; celle de Snellius, en 1615; enfin, tout près de lui, celle de Norwood, en 1615. Mais, je le répète, il ne s'en occupa plus et ne reprit cette question que seize ans après, à l'occasion d'une lettre de Hooke, et en apprenant accidentellement que Picard avait depuis longtemps mesuré un degré du méridien en France et donné le nombre exact qui lui avait manqué.

Alors le calcul réussit; il montra que la tendance de la Lune vers la Terre, tendance qui la retient dans son orbite, n'est autre chose que la tendance des corps pesants qui nous entourent vers le centre de la Terre.

Ce n'était pas pour cela sortir des tourbillons. Huygens, Leibnitz, Bernoulli acceptèrent les résultats de Newton. Mais, lorsque ce grand homme eut fait voir que cette force n'est dirigée de centre à centre que dans des cas particuliers, et qu'elle résulte de l'attraction de toutes les molécules du premier corps sur chaque molécule du second, l'opposition des deux doctrines se manifesta. Elle devint encore plus sensible lorsque les newtoniens raisonnèrent comme si l'espace interplanétaire était absolument vide, et que l'attraction de molécule à molécule s'opérât, à toute distance, sans aucun intermédiaire matériel. C'est alors seulement que les cartésiens reprochèrent aux newtoniens de faire revivre les vertus occultes de l'ancienne philosophie dont on

(1) Il avait quitté momentanément Londres, à cause de la peste.

avait eu tant de peine à se débarrasser. Newton protesta contre cette imputation ; il écrivait : « Que la gravité soit innée, inhérente et essentielle à la matière, de sorte qu'un corps puisse agir sur un autre corps à distance, à travers le vide et sans aucun intermédiaire qui transmette cette action ou cette force de l'un à l'autre, c'est pour moi une absurdité si grande qu'il me semble impossible qu'un homme capable de traiter de matières philosophiques puisse y tomber. » Mais en même temps il permettait à un jeune mathématicien nommé Cotes de mettre, dans la préface de la deuxième édition du livre des *Principes*, une déclaration diamétralement opposée. Cotes, en effet, y soutient hardiment ce que Newton déclarait absurde, à savoir que l'attraction est inhérente à la matière au même titre que l'inertie ou l'impénétrabilité.

Malgré cela, l'immortel Ouvrage de Newton fut accueilli en Angleterre avec un enthousiasme qui finit par se communiquer au monde entier. Newton y fait voir que cette force, en tant qu'elle est exercée par la Lune et par le Soleil, est celle qui déforme la figure des mers et produit des marées. C'est elle encore qui, en se combinant avec la force centrifuge née de la rotation, détermine l'aplatissement du globe terrestre. C'est elle qui trouble cette même rotation et donne naissance à la précession luni-solaire. C'est l'attraction du Soleil à son tour qui intervient comme force perturbatrice dans les mouvements de la Lune autour de la Terre, et rend compte de toutes les inégalités signalées par les Astronomes dans ces mouvements. De même, les

attractions des planètes s'étendent, malgré leur faiblesse, sur tous les membres du monde solaire et produisent les légères perturbations qu'on observe dans tous ces mouvements. Enfin les comètes elles-mêmes ne sont plus des astres errant au hasard; comme les planètes, elles obéissent aux lois de la gravitation.

Jamais pareille masse de vérités, démontrées mathématiquement par leur accord avec les observations de toutes les époques, n'avait été présentée d'un seul coup au monde. Presque tous les problèmes de l'Astronomie, restés en suspens depuis tant de siècles, recevaient à la fois leur solution. La voie était toute tracée pour que les successeurs pussent attaquer et résoudre les autres. Le vague système des tourbillons disparut devant la splendeur de ce majestueux ensemble.

Mais, si les élèves ont pris l'attraction au pied de a lettre, sans se douter du contresens philosophique, parce qu'il n'était pas exprimé dans les équations du mouvement d'où l'Analyse tirait ensuite tant de vérités nouvelles, le maître n'était pas homme à s'y méprendre. Voici ce qu'on acceptait autour de lui. Imaginez un corps placé seul dans le vide de l'espace. Il restera immobile si aucune impulsion extérieure ne lui a été communiquée. Mais, si vous placez quelque part, dans le vide de l'espace, un second corps aussi loin que vous le voudrez du premier, instantanément le premier sentira sa présence et l'attirera vers lui; le second agira de même sur le premier. Tous deux se mettront en marche l'un vers l'autre et finiront par se choquer en un point de la droite qui les joint.

En d'autres termes, toute molécule de matière inerte, incapable de modifier par elle-même son état de repos ou de mouvement, rayonne pourtant dans le vide de l'espace, tout autour d'elle à l'infini, une vertu attractive, et toute autre particule de matière ressent aussitôt son action. Cette omniprésence d'une simple molécule inerte qui a le privilège d'agir là où elle n'est pas, c'est-à-dire dans l'univers entier (1), est en quelque sorte une contradiction dans les termes.

Si, au lieu de considérer les choses de cette façon absolue, vous les prenez, comme le faisait Newton, dans l'univers réel, l'absurdité disparaît, parce que nous sommes loin de connaître toutes les parties de cet univers. Il peut s'y trouver un milieu matériel invisible, mettant en communication mécanique les corps les plus éloignés, agissant sur eux en vertu de mouvements antérieurs, par pression, impulsion, vibration, etc. C'est dans cette voie que Newton a cherché à se représenter les choses, mais il a dû se dire, ce me semble, qu'il retombait ainsi en plein cartésianisme.

Idées cosmogoniques de Newton.

Je me bornerai à mettre sous les yeux du lecteur le scolie général qui termine le livre des *Principes* (2). Ce morceau est peu connu; on ne lit plus guère l'œuvre magistrale de Newton. Il aura ici l'avantage

(1) Ce privilège d'agir là où elle n'est pas, que l'on accorde à une simple molécule, Newton le refuse à Dieu.

(2) Traduction de M^me^ la marquise du Châtelet ou plutôt de Clairaut.

de dessiner la portée philosophique de son illustre auteur, et cela me permettra d'y joindre une pièce non moins curieuse, la critique que Laplace en a faite. On remarquera tout d'abord que, par le fait d'avoir repoussé absolument les tourbillons de Descartes, Newton se trouve arrêté net devant la constitution éminemment gyratoire du système solaire; il est forcé de déclarer, contre toute évidence, qu'elle ne dépend pas de causes mécaniques.

L'hypothèse des tourbillons est sujette à beaucoup de difficultés; car, afin que chaque planète puisse décrire autour du Soleil des aires proportionnelles au temps, il faudrait que les temps périodiques des parties de leur tourbillon fussent en raison doublée de leurs distances au Soleil.

Afin que les temps périodiques des planètes soient en raison sesquiplée de leurs distances au Soleil, il faudrait que les temps périodiques des parties de leurs tourbillons fussent en raison sesquiplée de leurs distances à cet astre.

Et, afin que les petits tourbillons qui tournent autour de Saturne, de Jupiter et des autres planètes, puissent subsister et nager librement dans le tourbillon du Soleil, il faudrait que les temps périodiques des parties du tourbillon solaire fussent égaux. Or, les révolutions du Soleil et des planètes autour de leur axe, qui devraient s'accorder avec les mouvements des tourbillons, s'éloignent beaucoup de toutes ces proportions.

Les comètes ont des mouvements fort réguliers, elles suivent dans leurs révolutions les mêmes lois que les planètes; et leur cours ne peut s'expliquer par les tourbillons, car les comètes sont transportées par des mouvements très excentriques dans toutes les parties du ciel, ce qui ne peut s'exécuter si l'on ne renonce aux tourbillons.

Les projectiles n'éprouvent ici-bas d'autre résistance que celle de l'air, et dans le vuide de *Boyle* la résistance cesse, en sorte qu'une plume et de l'or y tombent avec une égale vitesse. Il en est de même des espaces célestes au-dessus de

l'atmosphère de la Terre, lesquels sont vuides d'air : tous les corps doivent se mouvoir très librement dans ces espaces; et par conséquent les planètes et les comètes doivent y faire continuellement leurs révolutions dans des orbes donnés d'espèce et de position, en suivant les lois ci-dessus exposées. Et elles doivent continuer, par les lois de la gravité, à se mouvoir dans leurs orbes, mais la position primitive et régulière de ces orbes ne peut être attribuée à ces lois.

Les six planètes principales font leurs révolutions autour du Soleil dans des cercles qui lui sont concentriques; elles sont toutes à peu près dans le même plan, et leurs mouvements ont la même direction.

Les dix Lunes qui tournent autour de la Terre, de Jupiter et de Saturne dans des cercles concentriques à ces planètes, se meuvent dans le même sens et dans les plans des orbes de ces planètes à peu près. Tous ces mouvements si réguliers n'ont point de causes mécaniques, puisque les comètes se meuvent dans des orbes fort excentriques et dans toutes les parties du ciel.

Par cette espèce de mouvement les comètes traversent très vite et très facilement les orbes des planètes, et dans leur aphélie, où leur mouvement est très lent et où elles demeurent très longtemps, elles sont si éloignées les unes des autres que leur attraction mutuelle est presque insensible.

Cet admirable arrangement du Soleil, des planètes et des comètes ne peut être que l'ouvrage d'un Être tout puissant et intelligent. Et, si chaque étoile fixe est le centre d'un système semblable au nôtre, il est certain que, tout portant l'empreinte d'un même dessein, tout doit être soumis à un seul et même Être : car la lumière que le Soleil et les étoiles fixes se renvoient mutuellement est de même nature. De plus, on voit que celui qui a arrangé cet univers a mis les étoiles fixes à une distance immense les unes des autres, de peur que ces globes ne tombassent les uns sur les autres par la force de leur gravité.

Cet Être infini gouverne tout, non comme l'âme du monde, mais comme le Seigneur de toutes choses. Et, à cause de cet empire, le Seigneur-Dieu s'appelle παντοκράτωρ, c'est-à-dire,

le Seigneur universel. Car *Dieu* est un mot relatif et qui se rapporte à des serviteurs, et l'on doit entendre par divinité la puissance suprême, non pas seulement sur des êtres matériels, comme le pensent ceux qui font Dieu uniquement l'âme du monde, mais sur des êtres pensants qui lui sont soumis. Le Très-Haut est un être infini, éternel, entièrement parfait : mais un être, quelque parfait qu'il fût, s'il n'avait pas de domination, ne serait pas Dieu. Car nous disons, *mon Dieu, votre Dieu, le Dieu d'Israël, le Dieu des Dieux, et le Seigneur des Seigneurs;* mais nous ne disons point : *mon Éternel, votre Éternel, l'Éternel d'Israël, l'Éternel des Dieux;* nous ne disons point *mon infini,* ni *mon parfait,* parce que ces dénominations n'ont pas de relations à des êtres soumis. Le mot de *Dieu* signifie quelquefois le Seigneur. Mais tout Seigneur n'est pas Dieu. La domination d'un Être spirituel est ce qui constitue Dieu : elle est vraie dans le vrai Dieu, elle s'étend à tout dans le Dieu qui est au-dessus de tout, et elle est seulement fictive et imaginée dans les faux Dieux : il suit de ceci que le vrai Dieu est un Dieu vivant, intelligent et puissant; qu'il est au-dessus de tout, et entièrement parfait. Il est éternel et infini, tout puissant, et *omniscient,* c'est-à-dire, qu'il dure depuis l'éternité passée et dans l'éternité à venir, et qu'il est présent par tout l'espace infini : il régit tout, et il connaît tout ce qui est et tout ce qui peut être. Il n'est pas l'éternité ni l'infinité, mais il est éternel et infini; il n'est pas la durée ni l'espace, mais il dure et il est présent; il dure toujours et il est présent partout; il est existant toujours et en tout lieu, il constitue l'espace et la durée.

Comme chaque particule de l'espace existe toujours, et que chaque moment indivisible de la durée dure partout, on ne peut pas dire que celui qui a fait toutes choses et qui en est le Seigneur n'est *jamais* et *nulle part.* Toute âme qui sent en divers temps, par divers sens, et par le mouvement de plusieurs organes, est toujours une seule et même personne indivisible.

Il y a des parties successives dans la durée, et des parties coexistantes dans l'espace : il n'y a rien de semblable dans ce qui constitue la personne de l'homme ou dans son principe

pensant, et bien moins y en aura-t-il dans la substance pensante de Dieu. Tout homme, en tant qu'il est un être sentant, est un seul et même homme pendant toute sa vie et dans tout les divers organes de ses sens. Ainsi Dieu est un seul et même Dieu partout et toujours. Il est présent partout, non seulement *virtuellement,* mais *substantiellement,* car on ne peut agir où l'on n'est pas. Tout est mû et contenu dans lui, mais sans aucune action des autres êtres sur lui. Car Dieu n'éprouve rien par le mouvement des corps, et sa toute-présence ne leur fait sentir aucune résistance. Il est évident que le Dieu suprême existe nécessairement, et par la même nécessité il existe partout et toujours. D'où il suit aussi qu'il est tout semblable à lui-même, tout œil, tout oreille, tout cerveau, tout bras, tout sensation, tout intelligence, et tout action : d'une façon nullement humaine, encore moins corporelle, et entièrement inconnue. Car de même qu'un aveugle n'a pas l'idée des couleurs, ainsi nous n'avons point d'idée de la manière dont l'Être suprême sent et connaît toutes choses. Il n'a point de corps ni de forme corporelle : ainsi il ne peut être ni vu, ni touché, ni entendu, et l'on ne doit l'adorer sous aucune forme sensible. Nous avons des idées de ses attributs, mais nous n'en avons aucune de sa substance. Nous voyons les figures et les couleurs des corps, nous entendons leurs sons, nous touchons leurs superficies extérieures, nous sentons leurs odeurs, nous goûtons leurs saveurs : mais, quant aux substances intimes, nous ne les connaissons par aucun sens, ni par aucune réflexion, et nous avons encore beaucoup moins d'idée de la substance de Dieu. Nous le connaissons seulement par ses propriétés et ses attributs, par la structure très sage et très excellente des choses, et par leurs causes finales; nous l'admirons à cause de ses perfections; nous le révérons et nous l'adorons à cause de son empire; nous l'adorons comme soumis, car un Dieu sans providence, sans empire et sans causes finales, n'est autre chose que le destin et la nature; la nécessité métaphysique, qui est toujours et partout la même, ne peut produire aucune diversité; la diversité qui règne en tout, quant au temps et aux lieux, ne peut venir que de la volonté et de la sagesse d'un Être qui existe nécessairement.

On dit allégoriquement que Dieu voit, entend, parle, qu'il se réjouit, qu'il est en colère, qu'il aime, qu'il hait, qu'il désire, qu'il construit, qu'il bâtit, qu'il fabrique, qu'il accepte, qu'il donne, parce que tout ce qu'on dit de Dieu est pris de quelque comparaison avec les choses humaines ; mais ces comparaisons, quoiqu'elles soient très imparfaites, en donnent cependant quelque faible idée. Voilà ce que j'avais à dire de Dieu, dont il appartient à la philosophie naturelle d'examiner les ouvrages.

J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation, mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation. Cette force vient de quelque cause qui pénètre jusqu'au centre du Soleil et des planètes, sans rien perdre de son activité ; elle n'agit point selon la grandeur des superficies (comme les causes mécaniques), mais selon la quantité de la matière, et son action s'étend de toutes parts à des distances immenses, en décroissant toujours dans la raison doublée des distances.

La gravité vers le Soleil est composée des gravités vers chacune de ses particules, et elle décroît exactement, en s'éloignant du Soleil, en raison doublée des distances, et cela jusqu'à l'orbe de Saturne, comme le repos des aphélies des planètes le prouve, et elle s'étend jusqu'aux dernières aphélies des comètes, si ces aphélies sont en repos.

Je n'ai pu encore parvenir à déduire des phénomènes la raison de ces propriétés de la gravité, et je n'imagine point d'hypothèses. Car tout ce qui ne se déduit point des phénomènes est une hypothèse ; et les hypothèses, soit métaphysiques, soit physiques, soit mécaniques, soit celles des qualités occultes, ne doivent pas être reçues dans la philosophie expérimentale.

Dans cette philosophie, on tire les propositions des phénomènes, et on les rend ensuite générales par induction. C'est ainsi que l'impénétrabilité, la mobilité, la force des corps, les lois du mouvement et celles de la gravité ont été connues. Et il suffit que la gravité existe, qu'elle agisse selon les lois que nous avons exposées, et qu'elle puisse expliquer tous les mouvements des corps célestes et ceux de la mer.

Ce serait ici le lieu d'ajouter quelque chose sur cette espèce

d'esprit très subtil qui pénètre à travers tous les corps solides, et qui est caché dans leur substance; c'est par la force et l'action de cet esprit que les particules des corps s'attirent mutuellement aux plus petites distances, et qu'elles cohèrent lorsqu'elles sont contiguës; c'est par lui que les corps électriques agissent à de plus grandes distances, tant pour attirer que pour repousser les corpuscules voisins; et c'est encore par le moyen de cet esprit que la lumière émane, se réfléchit, s'infléchit, se réfracte et échauffe les corps; toutes les sensations sont excitées, et les membres des animaux sont mus, quand leur volonté l'ordonne, par les vibrations de cette substance spiritueuse qui se propage, des organes extérieurs des sens, par les filets solides des nerfs, jusqu'au cerveau, et ensuite du cerveau dans les muscles. Mais ces choses ne peuvent s'expliquer en peu de mots; on n'a pas fait encore un nombre suffisant d'expériences pour pouvoir déterminer exactement les lois selon lesquelles agit cet esprit universel.

Le système solaire est complètement isolé dans l'espace. On peut du moins le considérer comme étant soumis aux seules actions mutuelles de ses diverses parties. Si un pareil système avait été privé à l'origine de toute gyration, la force de l'attraction suffirait à y faire naître des circulations plus ou moins complexes; mais ce système ne serait guère stable et finirait par se réduire à une masse unique. Ce qu'il y a de sûr, c'est que la somme des aires décrites par les rayons vecteurs des molécules autour d'un point et projetées toutes sur un même plan serait rigoureusement nulle. D'où proviendraient donc les gyrations gigantesques, toutes *dans le même sens,* qui forment le trait caractéristique du système solaire et qui en assurent la stabilité? Faute de quelque mouvement tourbillonnaire primitif Newton fait intervenir Dieu, sans autre explication. On comprendra mieux pour-

quoi Newton s'est refusé sur ce point délicat, si je rappelle la théorie singulière qui s'est présentée à l'esprit de ses successeurs.

Imaginez qu'à l'origine les planètes aient été placées sur un vaste plan passant par le centre du Soleil, à des distances convenables et d'ailleurs bien connues; puis, qu'un joueur divin leur ait donné, sur cette espèce de billard gigantesque, *dans le même sens* et perpendiculairement aux rayons vecteurs, des impulsions proportionnelles aux masses et réciproques aux racines carrées des distances au Soleil. Les orbites décrites en vertu de ces impulsions et de l'attraction solaire seront des cercles situés dans le même plan et parcourus dans le même sens. On a même calculé que, pour expliquer en même temps les rotations des diverses planètes, il aurait suffi de faire un peu d'effet, c'est-à-dire de frapper la bille de côté et non en plein, de sorte que l'impulsion passât à côté du centre. Pour la Terre, l'impulsion aurait dû passer à une distance du centre égale à $\frac{1}{450}$ du rayon; pour Mars à $\frac{1}{418}$, pour Jupiter à $\frac{7}{49}$. On oubliait les satellites et le Soleil lui-même.

Cette idée enfantine, dont Newton n'aurait pas voulu, a même trouvé une singulière expression poétique sous la plume de Lamartine. Voici la première stance de la belle *Méditation* intitulée *Le Désespoir :*

Lorsque du Créateur la parole féconde
Dans une heure fatale eut enfanté le monde
Des germes du chaos,
De son œuvre imparfaite il détourna la face
Et, d'un pied dédaigneux la lançant dans l'espace,
Rentra dans son repos.

Observations de Laplace.

Voici maintenant la critique de Laplace (1) :

Ces considérations seules expliqueraient la disposition du système solaire, si le géomètre ne devait pas étendre plus loin sa vue, et chercher, dans les lois primordiales de la nature, la cause des phénomènes le plus indiquée par l'ordre de l'univers. Déjà quelques-uns d'eux ont été ramenés à ces lois. Ainsi la stabilité des pôles de la Terre à sa surface, et celle de l'équilibre des mers, l'une et l'autre si nécessaires à la conservation des êtres organisés, ne sont qu'un simple résultat du mouvement de rotation et de la pesanteur universelle. Par sa rotation, la Terre a été aplatie, et son axe de révolution est devenu l'un de ses axes principaux; ce qui rend invariables les climats et la durée du jour. En vertu de la pesanteur, les couches terrestres les plus denses se sont rapprochées du centre de la Terre, dont la moyene densité surpasse ainsi celle des eaux qui la recouvrent; ce qui suffit pour assurer la stabilité de l'équilibre des mers, et pour mettre *un frein à la fureur des flots.* Ces phénomènes et quelques autres semblablement expliqués autorisent à penser que tous dépendent de ces lois par des rapports plus ou moins cachés, mais dont il est plus sage d'avouer l'ignorance que d'y substituer des causes imaginées par le seul besoin de calmer notre inquiétude sur l'origine des choses qui nous intéressent.

Je ne puis m'empêcher ici d'observer combien Newton s'est écarté, sur ce point, de la méthode dont il a fait, ailleurs, de si heureuses applications. Depuis la publication de ses découvertes sur le système du monde et sur la lumière, ce grand géomètre, livré à des spéculations d'un autre genre, rechercha par quels motifs l'auteur de la nature a donné au système solaire la constitution dont nous avons parlé. Après avoir exposé, dans le scolie qui termine l'ouvrage des *Principes,* le phénomène singulier du mouvement des planètes et des satellites,

(1) *Exposition du Système du Monde.*

dans le même sens, à peu près dans un même plan, et dans des orbes presque circulaires, il ajoute : « Tous ces mouvements si réguliers n'ont point de causes mécaniques, puisque les comètes se meuvent dans toutes les parties du ciel et dans des orbes fort excentriques.... Cet admirable arrangement du Soleil, des planètes et des comètes ne peut être que l'ouvrage d'un être intelligent et tout-puissant. » Il reproduit à la fin de son Optique la même pensée, dans laquelle il se serait encore plus confirmé, s'il avait connu ce que nous avons démontré, savoir que les conditions de l'arrangement des planètes et des satellites sont précisément celles qui en assurent la stabilité. « Un destin aveugle, dit-il, ne pouvait jamais faire mouvoir ainsi toutes les planètes, à quelques inégalités près à peine remarquables, qui peuvent provenir de l'action mutuelle des planètes et des comètes, et qui, probablement, deviendront plus grandes par une longue suite de temps, jusqu'à ce qu'enfin ce mystère ait besoin d'être remis en ordre par son auteur. » Mais cet arrangement des planètes ne peut-il pas être lui-même un effet des lois du mouvement, et la suprême intelligence que Newton fait intervenir ne peut-elle pas l'avoir fait dépendre d'un phénomène plus général? Tel est, suivant nos conjectures, celui d'une matière nébuleuse éparse en amas divers, dans l'immensité des cieux. Peut-on encore affirmer que la conservation du système planétaire entre dans les vues de l'auteur de la nature? L'attraction mutuelle des corps de ce système ne peut pas en altérer la stabilité, comme Newton le suppose ; mais n'y eût-il dans l'espace céleste d'autre fluide que la lumière, sa résistance et la diminution que son émission produit dans la masse du Soleil doivent à la longue détruire l'arrangement des planètes ; et, pour le maintenir, une réforme deviendrait sans doute nécessaire. Mais tant d'espèces d'animaux éteintes, dont M. Cuvier a su reconnaître avec une rare sagacité l'organisation dans les nombreux ossements fossiles qu'il a décrits, n'indiquent-elles pas dans la nature une tendance à changer les choses même les plus fixes en apparence? La grandeur et l'importance du système solaire ne doivent point le faire excepter de cette loi générale ; car elles sont relatives à notre petitesse, et ce système, tout vaste qu'il

nous semble, n'est qu'un point insensible dans l'univers. Parcourons l'histoire des progrès de l'esprit humain et de ses erreurs, nous y verrons les causes finales reculées constamment aux bornes de ses connaissances. Ces causes que Newton transporte aux limites du système solaire étaient, de son temps même, placées dans l'atmosphère, pour expliquer les météores; elles ne sont donc, aux yeux du philosophe, que l'expression de l'ignorance où nous sommes des véritables causes.

Leibnitz, dans sa querelle avec Newton sur l'invention du Calcul infinitésimal, critiqua vivement l'intervention de la divinité pour remettre en ordre le système solaire. « C'est, dit-il, avoir des idées bien étroites de la sagesse et de la puissance de Dieu. » Newton répliqua par une critique aussi vive de l'harmonie préétablie de Leibnitz, qu'il qualifiait de miracle perpétuel. La postérité n'a point admis ces vaines hypothèses, mais elle a rendu la justice la plus entière aux travaux mathématiques de ces deux grands génies.

Tout en évitant les trop longues dissertations, je me suis promis de mettre les pièces de ce grand procès sous les yeux du lecteur. Ne laissons donc pas la parole aux seuls hommes de science; écoutons aussi les philosophes de notre époque. Justement M. Barthélemy Saint-Hilaire, dans la préface de sa traduction du *Traité du Ciel* d'Aristote, prend Laplace à partie sur la critique précédente.

Réponse du traducteur d'Aristote à la critique de Laplace.

Sans doute, l'Astronomie est dans son droit quand elle repousse les considérations de cet ordre. Mais elle a beau faire; elle ne peut pas s'en abstenir absolument, comme nous le montre l'exemple même de l'auteur de la *Mécanique céleste*. Laplace ne fait pas seulement des hypothèses; il va plus loin, et il désapprouve Newton d'avoir rapporté à une intelligence toute-puissante le principe et l'origine du mouvement. Or

c'est là une usurpation qu'on ne peut permettre à l'Astronomie ; qu'elle se taise, si elle le veut, sur la cause première; le silence pourrait être regardé de sa part comme un devoir et une prudence scientifique. Mais du moment qu'elle se risque à exprimer une opinion, et surtout une opinion négative, il est tout simple que les opinions opposées lui rappellent pour leur propre défense, et peut-être aussi pour son instruction, sur quels arguments et sur quels faits d'un autre ordre elles s'appuient. Nier que ce soit l'intelligence qui préside au gouvernement du monde, ce n'est plus là de l'Astronomie ; et la Philosophie, que peut choquer une telle erreur, se doit de la réfuter; car c'est la question la plus grande et la plus générale de toutes celles qu'elle agite, une des plus anciennes, qui devrait aujourd'hui n'en être plus une, et qui semble d'autant mieux résolue que la science des hommes a fait plus de progrès.

Nous ne devons pas croire au mot sacrilège qu'une tradition incertaine prête au grand analyste ; et l'Astronomie ne peut pas se passer de Dieu, parce que « c'est une hypothèse dont elle n'a pas besoin ». Il est bien certain que, pour observer les faits, les classer et en tirer les lois, l'Astronomie n'a aucun besoin de l'intervention divine, non plus qu'aucune autre science. Mais, quand elle essaye de remonter jusqu'à la cause première, il faut qu'elle arrive à celle-là, ou qu'elle s'en remette pour l'organisation du monde à l'aveugle hasard, destructeur de l'ordre dans l'univers, et destructeur en outre de l'intelligence même qui l'adore et qui le déifie. Au fond, nier Dieu, nier l'être intelligent, tout-puissant, infini, ce ne peut être qu'un préjugé ou une faiblesse. Je laisse le préjugé pour ce qu'il est, et je n'en parle pas. Quant à la faiblesse, voici en quoi elle consiste.

L'Astronomie, pour se rendre compte de l'état présent de notre système, risque une hypothèse, celle de la nébuleuse disloquée et fractionnée : et, pour se rendre compte de l'origine et du principe même des choses, elle s'interdit d'essayer une hypothèse nouvelle bien autrement nécessaire que l'autre, si l'on peut dire que ce soit là une hypothèse. Cette réserve doit nous surprendre d'autant plus que l'Astronomie, si elle

est la plus exacte des sciences, est en même temps la plus audacieuse de toutes. Elle est un perpétuel et flagrant démenti au témoignage de nos sens. « L'Astronomie s'est élevée au travers des illusions des sens », dit sans cesse Laplace, qui lui en fait le plus grand honneur. L'Astronomie ne fait appel et ne se fie qu'à la raison. Et puis, quand la raison veut remonter directement à son auteur, qui est aussi l'auteur des choses, la Science se récuse et oppose ses scrupules. Peut-être serait-il mieux de ne pas dissimuler sa véritable pensée, et de confesser sur-le-champ son athéisme. Mais, encore une fois, c'est revenir au règne du hasard, qu'on a cependant banni du système du monde en lui opposant l'irrésistible argument de l'infini contre un.

Il semble, au contraire, que si, parmi les sciences, il en est une qui nous montre l'empreinte de la main divine et toute-puissante, c'est celle des astres. Les objets qu'elle considère sont d'une grandeur incomparable ; le temps et l'espace, les mouvements et les forces y prennent des proportions inouïes ; si quelque part l'homme se sent en présence du divin, c'est bien là, sous les formes les plus palpables et les plus saisissantes. Il aborde ces phénomènes prodigieux avec une sorte de respect et de terreur sainte, qu'on ne sent que devant Dieu. Pour trouver un spectacle à la fois plus majestueux et plus touchant, l'homme doit sortir du monde matériel et entrer dans le monde intelligible et moral, où sa raison et sa conscience lui préparent de plus grands étonnements. Mais, dans les sciences naturelles, il n'en est pas une qui ose rivaliser avec l'Astronomie et lui disputer le premier rang. Comment peut-il donc se faire que l'Astronomie en arrive à ce point de méconnaître Dieu ? N'est-ce pas la plus aveugle et la plus étrange des contradictions ? Était-ce donc la peine de tout refuser aux sens, de tout donner à la raison, pour ôter en définitive à la raison le seul fondement sur lequel elle s'appuie, comme le reste de l'univers ?

Pour moi, j'ai une opinion toute contraire sur l'Astronomie, et, plein de reconnaissance pour les enseignements qu'elle nous procure, je la remercie de nous en avoir tant appris sur les œuvres de Dieu. Toutefois, je crois qu'à cette première

leçon elle peut en ajouter une autre non moins précieuse. Elle apprend à l'homme à se mieux connaître, en même temps qu'il connaît davantage ses rapports avec tout ce qui est infini et éternel. Ce n'est pas l'Astronomie sans doute qui lui donne le secret de sa destinée; mais elle lui montre tout ensemble sa petitesse imperceptible et sa grandeur sans égale parmi les créatures. Elle lui fait sentir, par des mouvements contraires, combien il est loin de Dieu, et combien il est au-dessus de tout ce qui l'environne. Ce sont bien là les deux abîmes qui épouvantaient le génie troublé de Pascal, et qui peuvent en effet nous causer le vertige. Mais l'harmonie éternelle des mondes et la stabilité immuable de leurs lois sont faites pour nous rassurer. Celui qui a fait tout cela et qui le maintient peut d'autant moins abandonner l'homme que l'homme est le seul être à qui il a permis de le comprendre et de l'adorer. L'homme peut s'en remettre à sa puissance, à sa justice et à sa bonté.

Laplace, en achevant l'*Exposition du système du monde*, s'exprime ainsi : « Le plus grand service de l'Astronomie, c'est d'avoir dissipé les craintes et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature. » On peut être en ceci d'accord avec lui, sans croire beaucoup aux craintes que le spectacle du ciel aurait jadis inspirées aux hommes. Mais, à la nature, il convient de substituer Dieu; car nos vrais rapports sont avec lui, parce que nous sommes intelligents et que la nature ne l'est pas.

Sur l'anecdote de Laplace.

L'anecdote à laquelle le savant traducteur d'Aristote fait ici allusion a couru partout et s'est en chemin étrangement déformée. Voici sous quelle forme on la retrouve dans la Préface de la traduction de Lucrèce (revue par M. Blanchet) :

« Physique », disait Newton, « garde-toi de la Métaphysique » ; conseil fort sage, mais qui a besoin d'être complété.

Physique, ajouterons-nous, n'empiète pas sur le domaine de la Métaphysique, tu t'y perdrais. Le physicien admet la force et la matière au même titre que le mathématicien admet les nombres, les lignes et les corps, sans se demander d'où viennent ni ces idées, ni leurs objets. Et même ces sciences ne doivent pas, ne peuvent pas aller plus loin ; leurs méthodes, infaillibles dans la sphère de leurs opérations, s'égarent infailliblement quand elles en sortent. A la rigueur même, ces sciences pourraient considérer comme n'existant pas ou comme de simples hypothèses tous les objets qui échappent à leurs démonstrations : hypothèse donc les idées, hypothèse la morale, hypothèse l'Histoire, hypothèse la Métaphysique, enfin hypothèse Dieu lui-même selon le mot de Laplace, qui, du reste, se proclamait athée : *Dieu est une jolie hypothèse qui explique bien des choses;* c'est-à-dire que Dieu est une force que la Science ne peut atteindre et qui explique toutes les forces sans lesquelles la Science n'expliquerait rien ; ou, si la Science tente d'arriver par ses seules et insuffisantes ressources jusqu'à lui, elle retombe sur elle-même et se plonge par faiblesse dans l'athéisme, comme il est arrivé à Lucrèce.

Voici l'anecdote à laquelle on vient de faire deux fois allusion. Comme le citoyen Laplace présentait au général Bonaparte la première édition de son *Exposition du Système du monde,* le général lui dit : « Newton a parlé de Dieu dans son Livre. J'ai déjà parcouru le vôtre et je n'y ai pas trouvé ce nom une seule fois. » A quoi Laplace aurait répondu : « Citoyen premier Consul, je n'ai pas eu besoin de cette hypothèse. » Dans ces termes, Laplace aurait traité Dieu d'hypothèse. S'il en avait été ainsi, le premier Consul lui aurait tourné le dos. Mais Laplace n'a jamais dit cela. Voici, je crois, la vérité. Newton, croyant que les perturbations séculaires dont il avait ébauché la théorie finiraient à la longue par détruire le système

solaire, a dit quelque part que Dieu était obligé d'intervenir de temps en temps, pour remédier au mal et remettre en quelque sorte ce système sur ses pieds. C'était là une pure supposition suggérée à Newton par une vue incomplète des conditions de stabilité de notre petit monde. La Science n'était pas assez avancée à cette époque pour mettre ces conditions en évidence. Mais Laplace, qui les avait découvertes par une analyse profonde, a pu et dû répondre au premier Consul que Newton avait, à tort, invoqué l'intervention de Dieu pour raccommoder de temps en temps la machine du monde, et que lui, Laplace, n'avait pas eu besoin d'une telle supposition. Ce n'était pas Dieu qu'il traitait d'hypothèse, mais son intervention directe en un point déterminé (1).

Laplace, comme beaucoup d'écrivains de la fin du XVIII^e siècle, se piquait de philosophie ; mais il n'a pas professé l'athéisme. Je crois qu'il n'est jamais allé plus loin que cette pauvre maxime de Montaigne : « L'ignorance et l'incuriosité sont deux oreillers bien doux pour reposer une tête bien faite (2). » En revanche, il a eu le sentiment le plus élevé des droits de la Science et de la liberté dont elle doit jouir.

---

(1) Je tiens de M. Arago que Laplace, averti peu avant sa mort que cette anecdote allait être publiée dans un recueil biographique, l'avait prié d'en demander la suppression à l'éditeur. Il fallait en effet l'*expliquer*, ou la supprimer. Ce second parti était le plus simple ; malheureusement elle n'a été ni supprimée ni expliquée.

(2) *Théorie analytique des Probabilités*, p. CLIII.

CHAPITRE IX.

KANT.

Nous avons vu plus haut que, par le seul fait d'avoir repoussé les tourbillons de Descartes, Newton s'est trouvé arrêté net devant la constitution d'origine éminemment gyratoire du système planétaire et déclare qu'elle n'a pu résulter de causes mécaniques; arrivé là, dit-il, il faut recourir à l'action directe de Dieu. Kant pense, au contraire, qu'il existe un cas où des causes essentiellement mécaniques pourraient, en dehors des tourbillons de Descartes, conduire à la formation d'un pareil système. Le célèbre philosophe de Kœnigsberg a exposé ses idées dans un petit Livre, publié en 1754 sous le titre de : *Histoire naturelle du Ciel* (1). Il les a reproduites en 1763 dans un autre écrit sur l'existence de Dieu (2). Les pages suivantes sont extraites de ces deux Livres : je les ai traduites, non pas littéralement, mais aussi fidèlement que possible, et je les présente par extraits. On verra que l'auteur s'est trouvé conduit, sans s'en douter, à reproduire sous une forme particulière

(1) *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge der ganzen Weltgebäuder nach Newton'schen Grundsatzen abgehandelt,* 1755.

(2) *Der einzig mögliche Beweisgrund zu einer Demonstration des Daseyns Gottes,* 1763.

l'hypothèse des tourbillons. Ce n'est que par l'oubli d'une loi de la Mécanique qu'il évite d'en faire l'aveu, ou plutôt qu'il a pu ne pas s'en apercevoir.

Les conditions mécaniques du système planétaire dont toutes les parties tournent dans le même sens autour du Soleil, dans des cercles couchés à peu près sur le même plan de son équateur, ont frappé tous les chercheurs. Tous se sont accordés à y voir l'effet d'un mouvement d'ensemble déterminé par quelque cause naturelle. De là, les tourbillons de Descartes qui ont conservé des adhérents longtemps après que Newton eut prouvé qu'il n'y avait au ciel rien de semblable, et que les queues des comètes traversaient ces prétendus tourbillons sans s'y laisser dévier.

Or il est prouvé que les espaces célestes sont vides de toute matière capable d'imprimer aux planètes leurs mouvements circulaires. On ne peut supposer d'ailleurs qu'elles aient reçu l'impulsion initiale de la main de Dieu, juste dans la proportion nécessaire pour qu'en se combinant avec leur pesanteur vers le Soleil les orbites résultantes fussent des cercles. Il n'y a donc plus qu'un seul cas où l'intervention de causes mécaniques puisse se présenter : c'est celui où l'espace interplanétaire, aujourd'hui vide, aurait été à l'origine rempli de matériaux capables de prendre du mouvement et une direction commune, en même temps de former les planètes et le Soleil lui-même sous l'influence de leur attraction mutuelle.

Admettons donc qu'à l'origine la matière du Soleil et des planètes ait été répandue dans tout cet espace, et qu'il se soit trouvé quelque part, là où le Soleil s'est effectivement formé, une légère prépondérance de densité et par suite d'attraction. Aussitôt une tendance générale s'est prononcée vers ce point, les matériaux y ont afflué et, peu à peu, cette masse première a grandi. Bien que des matériaux de densités différentes se trouvassent partout, cependant les plus lourds ont dû particulièrement se presser dans cette région centrale; car, seuls, ils ont réussi à pénétrer à travers ce chaos de ma-

tériaux plus légers, et à s'approcher du centre de la gravitation générale. Or, dans les mouvements qui devaient résulter de la chute inégale de ces corps, les résistances produites entre les particules se gênant les unes les autres n'ont pu être si parfaitement les mêmes, en tout sens, qu'il n'en soit résulté, çà et là, des déviations latérales. En pareil cas s'applique une loi générale des réactions mutuelles des corps, à savoir que ces corps se détournent et tâtonnent, pour ainsi dire, jusqu'à ce qu'ils aient trouvé le chemin de la moindre résistance. Ces déviations latérales aboutissent donc forcément à une circulation commune, dans le même sens et dans la même région. Et même les particules dont le Soleil a été formé lui sont parvenues affectées déjà par ce genre de déviation, en sorte que le corps résultant, le Soleil, s'est trouvé animé d'une rotation dans le même sens.

C'est ici qu'est l'erreur, Kant aurait dû s'arrêter et se demander, comme Aristote, pourquoi, des deux sens également possibles dans toute circulation, c'est justement le sens de droite à gauche qui a prévalu, en sorte que tout le monde solaire, le Soleil y compris, tourne dans ce sens. Devant cette question Aristote, naturellement embarrassé, s'est décidé pour le mouvement de droite à gauche, parce qu'il est le plus noble des deux. Kant s'est décidé pour ce même sens sans savoir pourquoi. La vérité est qu'en rejetant comme lui toute idée de tourbillonnement primitif, en ne tenant compte, comme lui, que de l'attraction et des actions mutuelles des corpuscules de la nébuleuse, les mouvements de circulation, possibles également dans les deux sens, se produiront effectivement dans les deux sens à la fois. Parmi les molécules de cette vaste nébuleuse, les unes prendront leur droite, les autres leur gauche; mais alors, si vous considérez les aires décrites par les rayons vecteurs

de toutes ces molécules et projetées sur un plan quelconque, ces projections, les unes positives, les autres négatives parce qu'elles seront décrites en sens contraire, auront une somme rigoureusement nulle. Ainsi le veut la Mécanique; or cela ne ressemble pas du tout au système solaire.

Poursuivons néanmoins le curieux exposé de Kant.

Ainsi l'équateur solaire n'est autre chose que le plan de cette circulation générale. Or les particules qui se trouvaient hors de ce plan ont dû, en vertu des lois de la gravitation, aller le rencontrer quelque part dans leur mouvement de circulation et s'y accumuler, surtout vers la région centrale. D'ailleurs, au milieu de ces particules se poussant, se résistant l'une à l'autre, celles-là seules ont dû continuer à se mouvoir librement en cercles concentriques qui étaient arrivées à ces cercles juste avec la vitesse linéaire exigée par les lois des forces centrales. Cette vitesse résulte de la hauteur de chute; la déviation latérale résulte de ces conflits incessants dont le résultat final est d'arriver à la direction de moindre résistance. Quant aux particules, en bien plus grand nombre, pour qui la vitesse n'était pas dans la proportion voulue, elles ont continué leur chemin en s'approchant de plus en plus du Soleil et ont contribué à le former.

Ainsi le système premier se trouve transformé, par les lois combinées de l'attraction et de la résistance, en un autre système dans lequel tout l'espace compris entre deux plans parallèles, assez rapprochés de part et d'autre du centre du Soleil, est parcouru librement par des particules se mouvant dans des cercles, chacune avec la vitesse qui répond à sa distance au centre. Comme leurs résistances mutuelles sont, là, aussi faibles que possible, cet état de choses durerait indéfiniment si leur attraction n'intervenait pour le modifier et y faire naître les germes de formations nouvelles, les planètes. En effet, les particules voisines décrivant des cercles presque égaux et parallèles, elles se trouvent comme en repos les unes par rapport aux autres : alors, s'il se trouve quelque centre

d'attraction prépondérante, les particules voisines tendront vers ce point et y formeront une masse dont l'attraction toujours croissante finira par s'étendre et ramasser au loin de nouveaux matériaux. Évidemment les corps ainsi formés seront animés, autour du Soleil, des mêmes mouvements circulaires que leurs éléments primitifs.

Les actions qui ont déterminé la formation d'une planète produisent aussi sa rotation et les satellites qui circulent autour d'elle. Tout ce qui s'est passé en grand autour du Soleil se répétera en petit autour de toute planète, pourvu que sa sphère d'attraction ait acquis une extension suffisante. Les particules qu'elle attire finiront par acquérir, en vertu de leurs attractions et de leurs réactions mutuelles, un mouvement circulaire autour de cette planète dans un plan commun passant par son centre et se confondant avec son équateur. Il s'y formera des planètes secondaires, c'est-à-dire des satellites circulant dans le même sens et à peu près dans le même plan.

Mais pourquoi ces mouvements de circulation qui s'établissent autour d'une planète et qui se retrouvent dans leurs satellites ont-ils lieu précisément dans le sens où les planètes se meuvent elles-mêmes? Il n'y a pourtant rien de commun entre ces deux mouvements, car les particules qui accompagnent une planète participent toutes à son mouvement autour du Soleil et sont, par suite, en repos relativement à la planète et au Soleil lui-même. L'attraction de la planète est seule l'auteur de tout. Toutefois, le mouvement circulaire qui doit en résulter pouvant prendre indifféremment une direction ou l'opposée, la moindre influence extérieure suffira pour le déterminer dans un sens plutôt que dans l'autre. Cette influence, c'est l'inégale vitesse de circulation autour du Soleil des particules qui tombent vers la planète. Les particules les plus rapprochées du Soleil circulent avec le plus de vitesse; elles s'écartent, dès le commencement de leur chute vers la planète, de la direction rectiligne, et cela dans la direction de l'ouest à l'est. Cette légère déviation suffit pour que la circulation engendrée autour de la planète par son attraction prenne cette direction plutôt qu'une autre.

Par suite, tous ces satellites obéiront à cette direction, ainsi que la rotation de la planète elle-même.

Puisque nous retrouvons en action, jusque dans la rotation des planètes, précisément la force qui est la source générale des mouvements dans la nature, c'est-à-dire l'attraction, concluons que cette théorie est bien, par la sûreté de son principe et par celle des conclusions qui en dérivent, l'expression de la vérité.

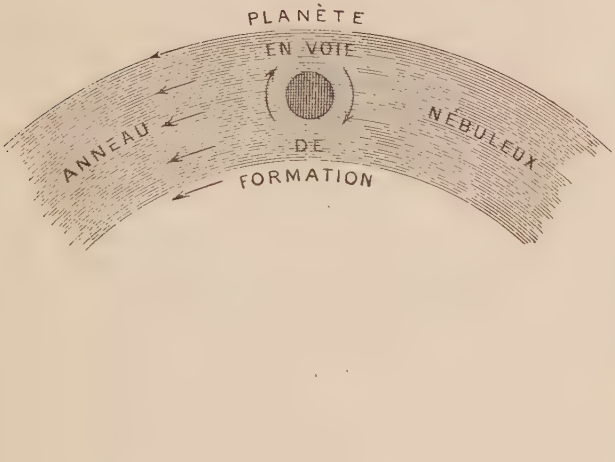
Il y a ici une distinction que je regarde comme un trait de génie. Kant dit expressément qu'il n'y a rien de commun entre les deux mouvements, celui de la circulation d'une planète autour du Soleil et celui de sa rotation sur elle-même (et par suite le sens de la circulation de ses satellites). La moindre influence extérieure suffira pour déterminer celui-ci. Cette influence, c'est l'inégale vitesse de circulation autour du Soleil des particules qui tombent vers la planète.

Or on sait aujourd'hui que de la Terre à Saturne toutes les rotations, toutes les circulations sont directes. Que d'Uranus à Neptune, c'est-à-dire dans la plus grande partie du système, toutes les rotations, toutes les circulations de satellites sont rétrogrades. On peut donc dire que Kant avait pressenti cette singulière opposition de sens, ou du moins on est en droit d'affirmer qu'il n'aurait pas été trop embarrassé de l'expliquer si la chose était venue à la connaissance des astronomes de son temps. Laplace au contraire n'a pas prévu cette distinction, aussi son système a-t-il été mis en échec par la découverte d'Uranus et de Neptune, d'autant qu'il avait cru prouver par le Calcul des probabilités l'impossibilité d'un seul mouvement rétrograde.

Malheureusement Kant commet ici une erreur. Un

ensemble de molécules, circulant autour du Soleil à peu près dans le même plan comme une sorte d'anneau, peut bien se transformer, en vertu de leurs actions mutuelles, en une masse unique, une planète, qui se mouvra aussi autour du Soleil dans la même

Fig. 3.



orbite; il est encore vrai que, les molécules de cet anneau possédant des vitesses linéaires d'autant moindres qu'elles sont plus éloignées du Soleil, la planète qui résultera de leur réunion sera animée d'un mouvement de rotation provenant de ces différences de vitesse. Mais la figure 3 montre que cette rotation sera de sens contraire à celui du mouvement de circulation autour du Soleil et non pas de même sens. Si donc les choses s'étaient passées comme le suppose Kant, toutes les planètes tourneraient sur

elles-mêmes en sens rétrograde, et leurs satellites circuleraient dans ce sens-là autour d'elles. Pour nous en particulier, nous verrions le Soleil se lever à l'ouest et se coucher à l'est. De même la Lune traverserait le ciel étoilé en sens rétrograde, c'est-à-dire en sens inverse de celui qu'elle possède réellement.

Quant aux comètes, il serait inutile de traduire le Chapitre embarrassé et confus qui leur est consacré. Kant admet qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les comètes et les planètes, et en cela il a raison; les unes et les autres appartiennent bien au système solaire. Mais il croit que l'excentricité des orbites tient à ce que, pour les corps tombant de très loin vers le Soleil, l'effort par lequel la nature tend à rendre les orbites circulaires n'est plus suffisant. C'est ainsi que, pour les planètes mêmes, l'excentricité croît, dit-il, avec la distance au Soleil, ce qui est faux. Si donc on venait à découvrir les planètes qui se trouvent sans doute au delà de Saturne, on verrait que leurs excentricités se rapprochent beaucoup plus de celles des comètes. A la vérité, cette loi des excentricités souffre deux exceptions, l'une pour Mars, l'autre pour Mercure. Mais ces exceptions sont apparentes; elles sont dues, dans le premier cas, à l'action perturbatrice de Jupiter; dans le second cas, à la présence d'un milieu plus dense autour du Soleil que partout ailleurs.

Quant au sens du mouvement, Kant croit qu'il doit être, en général, celui des planètes, c'est-à-dire direct. On compte, il est vrai, dit-il, dix-neuf comètes rétrogrades; mais il est tout porté à les attribuer à quelque illusion d'optique. Néanmoins il comprend

qu'à la rigueur il y ait des mouvements rétrogrades; car, pour les corps très éloignés du centre et dont les mouvements très lents se prêtent à des déviations en sens quelconque, il faut trop de temps pour que les actions intérieures, qui déterminent les mouvements planétaires dans un sens unique, se propagent jusque-là. Vous le voyez, il y a dans ce Chapitre à peu près autant d'erreurs que de phrases.

Kant s'est aussi occupé du Soleil. Il faut rapprocher ses idées de celles d'Herschel et d'Arago pour se figurer l'état misérable où la Science est restée sur ce sujet jusqu'à l'apparition de la Thermodynamique. Néanmoins Kant pose parfaitement la question :

Voici un problème capital dont la solution est de première nécessité. D'où vient qu'au centre de chaque système il se trouve un corps enflammé ? Notre monde a pour centre le Soleil, et les étoiles sont évidemment des centres de systèmes analogues au nôtre.

Voici comment il la résout :

Dans la formation d'un système on doit trouver au centre un globe incandescent, bien que les autres globes qui l'entourent soient obscurs et froids. Pour le comprendre, il suffit de se reporter à ce qui précède. Nous avons vu que les comètes et les planètes sont formées des matériaux les plus denses. Il se trouve cependant, dans leur mélange, des matières plus petites qui, par la résistance du milieu, ne peuvent atteindre au degré de vitesse nécessaire pour circuler autour du centre. Celles-là doivent tomber sur le Soleil. Or ce sont de telles matières éminemment légères qui sont les plus propres à alimenter la flamme et par suite à constituer un Soleil.

Maintenant, si notre Soleil en particulier, ou les soleils en général, sont des globes entourés de flammes, la première condition de leur existence et de leur durée, c'est qu'il y ait

de l'air à leur surface, car sans air le feu ne brûle point. Cela nous conduit, ajoute Kant, à d'intéressantes conséquences.

Je me dispenserai de les reproduire ici.

Formation de l'Univers stellaire d'après Kant.

Désormais toute cosmogonie doit, comme Descartes l'a montré le premier, s'étendre à l'univers lui-même et non au seul petit système solaire. C'est ce que Kant a parfaitement compris.

Tout le monde, dit-il, connaît la Voie lactée, cette espèce de ceinture de petites étoiles qui forme une lueur continue tout autour du ciel. Wright, de Durham [1], est le premier qui ait fait remarquer que cette apparence indique un mode de distribution très particulier des étoiles dont l'univers visible est composé. Si ces étoiles étaient uniformément réparties entre deux plans parallèles, de manière à former une couche relativement mince, mais limitée en tous sens, et que notre étoile, le Soleil, se trouvât elle-même à peu près au centre de cette couche, la perspective de ces innombrables étoiles dessinerait sur la sphère céleste une zone lumineuse suivant un grand cercle de cette sphère : ce serait précisément l'apparence de la Voie lactée. Nous verrions bien des étoiles dans tous les sens autour de nous, mais elles se trouveraient particulièrement condensées dans des directions très peu inclinées sur le plan général de cette couche d'étoiles. Il est donc extrêmement probable que tel est, en effet, la structure de l'univers stellaire.

Aux vues toutes géométriques de Wright, Kant ajouta, cinq ans plus tard, quelques considérations hypothétiques.

---

(1) *Theory of the Universe,* London, 1750. Cet Ouvrage est très rare; M. de Morgan en a rendu compte dans le *Philosophical Magazine,* 3e série, t. XXXII, p. 241.

Puisque les étoiles de la Voie lactée forment un système, il doit y avoir quelque analogie entre ce vaste système et le petit monde solaire. Dans ce dernier il y a aussi, avons-nous dit, une couche de planètes comprises entre deux plans parallèles très rapprochés, et cette couche se dessine en perspective sur le ciel sous forme d'une bande zodiacale. Des myriades de planètes lumineuses, circulant autour du Soleil, présenteraient donc tout à fait l'aspect de la Voie lactée.

Ainsi notre univers stellaire, dont la perspective céleste est la Voie lactée, forme un système plat. Si nous étions non pas au centre, mais tout à fait en dehors, à une distance incomparablement plus grande que les dimensions de ce système, il nous apparaîtrait à son tour sous forme d'un amas nébuleux, de très petites dimensions, ayant la forme d'un disque rond ou ovale, suivant l'inclinaison que notre rayon visuel aurait sur le plan de ce disque. Ce ne serait plus pour nous qu'une de ces nébuleuses que l'on voit en si grand nombre dans le ciel à l'aide de lunettes puissantes. Dès lors ces nébuleuses elles-mêmes pourraient bien être des voies lactées, c'est-à-dire des univers semblables au nôtre, formés d'étoiles innombrables, associées en systèmes isolés. En nous transportant par la pensée au milieu de l'une d'elles, nous retrouverions un univers stellaire comme le nôtre, avec sa Voie lactée; seulement, le nôtre, vu dans l'éloignement, ne nous ferait plus que l'effet d'une nébuleuse.

Pourquoi ces univers stellaires, dispersés dans l'espace infini sous forme de nébuleuses, ne formeraient-ils pas à leur tour un ensemble, un système d'ordre supérieur dans lequel ces nébuleuses, y compris la nôtre, circuleraient lentement autour d'un centre.

Ce sont des spéculations gigantesques, bien capables, selon Kant, de nous donner une idée de la

toute-puissance du Créateur. Mais le fil de l'analogie qui a guidé ce grand esprit est trop faible pour nous faire illusion.

En effet, l'analogie n'existe même pas; ces amas d'étoiles que l'on a longtemps appelés *nébuleuses* ne sont pas des univers lointains, mais des mondes comme le nôtre, faisant partie, comme le nôtre, de l'univers et appartenant à la Voie lactée elle-même. Il n'y a donc rien de solide dans les vues de Kant si ce n'est la remarque de Wright sur le plan principal auquel l'univers stellaire semble se rapporter. Pour ma part, l'impression que me produit la Voie lactée est plutôt celle d'un immense tourbillonnement d'étoiles dont le ciel nous présente, en petit, d'assez nombreux exemplaires. Notre système étant à peu près situé dans le plan moyen de ce tourbillonnement, celui-ci nous apparaît comme une bande annulaire s'étendant sur toute la sphère céleste le long d'un grand cercle, avec toute sorte d'interruptions irrégulières et de concentrations locales. En supposant même qu'une certaine régularité ait présidé à la distribution primitive des matériaux, comme ceux-ci ne sont visibles que par leur incandescence, il suffit que certaines parties se soient éteintes avant les autres pour introduire d'inextricables dislocations dans les configurations actuelles.

Théorème de Kant; formation des anneaux de Saturne.

Kant a eu le mérite de découvrir, chemin faisant, un théorème de Mécanique céleste fort curieux, dont il a tiré parti pour expliquer la formation des anneaux

de Saturne. Il ne s'en est pas servi dans sa cosmogonie, mais c'est justement sur ce théorème que celle de Laplace est basée. Les pages suivantes sont extraites de son petit Traité sur la démonstration de l'existence de Dieu.

Pour montrer par un autre exemple, dit Kant, que la simple action de la gravitation, en réunissant des éléments dispersés, produit nécessairement des effets d'une telle régularité, je vais dire comment l'anneau de Saturne a pu et dû se former par une voie entièrement mécanique. Que l'on veuille bien m'accorder seulement ceci : à l'origine, sous l'influence de la chaleur, l'atmosphère de Saturne s'est développée bien au delà de ses limites actuelles; plus tard, elle s'est refroidie, et les particules atmosphériques qui s'étaient élevées ont commencé à retomber sur la planète (c'est l'hypothèse fondamentale de Laplace). Cela posé, le reste suit avec une rigueur toute mécanique. Les particules de cette atmosphère, en s'élevant, ont emporté avec elles la vitesse de rotation qu'elles possédaient primitivement, selon la place qu'elles occupaient sur la planète. Elles ont donc dû, d'après les règles des forces centrales, décrire librement des cercles autour du centre. Mais il s'en est trouvé dont la vitesse était insuffisante pour que la force centrifuge fît exactement équilibre à leur pesanteur; celles-là ont dû s'entre-choquer, se ralentir et finalement retomber sur la planète, tandis que les autres, à vitesses plus grandes, continuaient à se mouvoir librement sur leurs orbites circulaires. Celles-ci devaient nécessairement traverser à chaque révolution le plan de l'équateur de la planète, et s'y ramasser de manière à former une sorte de limbe dans le prolongement de ce plan. Ce limbe, formé ainsi de particules se mouvant librement autour de la planète, ne pouvait être qu'un anneau constitué principalement par les molécules équatoriales, puisque celles-ci possédaient, en s'élevant, la plus grande vitesse.

Et comme il n'y a, entre toutes les distances au centre, qu'une seule distance pour laquelle cette vitesse équatoriale

soit compatible avec le mouvement libre dans un cercle, on pourra décrire dans le plan de ce limbe une circonférence concentrique à Saturne, au dedans de laquelle toutes les particules devront retomber sur la planète. Les autres particules comprises entre cette circonférence et le bord extérieur du limbe, sous forme d'anneau, continueront à circuler autour de la planète sans jamais retomber sur elle.

Cette solution nous fournit immédiatement le moyen de déterminer la durée inconnue de la rotation de Saturne. En effet, la vitesse de circulation des particules situées au bord interne de l'anneau étant égale à celle que possède un point de l'équateur de Saturne en vertu de sa rotation, il suffira de calculer la durée de sa révolution au moyen de celle d'un des satellites, pour avoir la durée de la rotation de la planète. On trouve ainsi $6^h 25^m 52^s$ (1).

Kant calcule ensuite, à l'aide de cette rotation, les limites de l'aplatissement de Saturne et arrive au chiffre de $\frac{1}{6}$, en considérant que la densité de la planète doit croître très rapidement vers le centre.

Ses réflexions sur la stabilité de cet anneau sont dignes d'attention. Il calcule pour la troisième loi de Kepler que les durées des révolutions, au bord intérieur et au bord extérieur de l'anneau, sont entre elles comme les nombres 10 et 15 (2).

De la sorte, les particules du bord interne exécutent trois révolutions pendant que celles du bord externe n'en font que deux.

Sans doute, dit-il, le grand écartement de ces particules doit les empêcher de se gêner notablement les unes les autres,

(1) Le nombre donné par Kant, dans son *Dasein Gottes*, est $5^h 40^m$. Celui qu'on vient de lire est tiré de la *Naturgeschichte des Himmels*, p. 135.

(2) Il me paraît que pour ce calcul Kant aura pris la moyenne des mesures de l'anneau exécutées par Huygens, puis par Pound.

ce qui devrait arriver en vertu de pareilles différences de vitesse. Néanmoins, si faibles que puissent être ces frottements, ils n'en doivent pas moins exister. Il en résulte qu'à la longue les particules intérieures accéléreront les mouvements des particules plus éloignées de la planète; les particules externes tendront, au contraire, à ralentir celles qui sont moins éloignées, et, si cette action réciproque n'est pas interrompue par quelque circonstance particulière, elle durera jusqu'à ce que toutes les particules de l'anneau aient acquis la même vitesse angulaire, et qu'elles cessent, par suite, d'agir les unes sur les autres. Mais, ajoute Kant, si un pareil état pouvait se réaliser un moment, il entraînerait la destruction de l'anneau; car, en admettant que la partie médiane ait acquis la vitesse qui convient au libre mouvement circulaire, les parties situées au bord interne et retardées dans leur mouvement ne pourraient s'y maintenir et décriraient des orbites excentriques qui s'entre-croiseraient, tandis que les parties extérieures, animées d'une vitesse trop grande, se disperseraient dans l'espace.

Mais un tel désordre n'est pas à craindre. Les conditions mêmes que nous venons de décrire et qui sembleraient devoir détruire l'anneau aboutissent à un résultat qui en assure la stabilité, en produisant dans l'anneau des lignes de rupture qui le divisent en anneaux concentriques isolés l'un de l'autre.

Kant a parfaitement remarqué qu'on pourrait expliquer par le même procédé la formation des satellites de Saturne et des satellites des autres planètes. De là à expliquer ainsi le monde solaire tout entier, comme l'a fait Laplace, il n'y avait qu'un pas. Quelques essais numériques sur Jupiter et la Terre l'ont détourné de cette voie. D'ailleurs, ajoute-t-il, les anneaux de Saturne sont beaucoup trop inclinés sur le plan général de la circulation des planètes, plan dans lequel les satellites ont dû se former aussi. Il paraît avoir oublié que les satellites de Saturne se trouvent précisément

dans le plan de l'anneau, sauf le dernier qui s'en écarte un peu.

Encore quelques mots sur ce sujet. Enchanté d'avoir découvert une voie si féconde, il demande au lecteur la permission de se livrer un instant à toute l'ardeur de son imagination.

Pourquoi la Terre n'aurait-elle pas eu, comme Saturne, l'avantage de posséder un anneau ? Un anneau autour de la Terre à l'origine du genre humain ! Quel beau spectacle aurait été offert aux premiers hommes pour qui la Terre fut comme un paradis ! De tous côtés la nature devait leur sourire. Mais cela n'est rien encore vis-à-vis de la confirmation qu'on en peut tirer pour les Livres saints. Les eaux placées au-dessus du firmament, d'après le récit de Moïse, ont toujours embarrassé les interprètes de la Genèse (1). Cet anneau ne suffirait-il pas à lever toute difficulté? Il devait, sans aucun doute, consister principalement en particules aqueuses. Et alors on comprend que, pour punir les habitants devenus indignes des avantages et des beautés de la nature, cet anneau ait été brisé par le choc de quelque comète, et que ses eaux aient inondé la Terre. Ainsi aurait disparu cet arc merveilleux qui brillait d'une douce lumière dans le ciel des premiers temps, Les nouveaux habitants, ceux qui survécurent au Déluge, ne virent peut-être pas sans effroi apparaître dans la nuée un arc semblable qui leur rappelait l'effroyable cataclysme ; mais, rassurés ensuite par des paroles de clémence, cet arc n'a plus été pour eux qu'un signe de grâce et la promesse d'un long avenir. Voilà le parti que pourraient tirer de cette hypothèse ceux qui se croient obligés de faire concorder tout le texte des Livres saints avec les lois ordinaires de la nature.

Il reste à expliquer comment ce théorème a pu échapper à l'attention des astronomes allemands et, à plus forte raison, à celle des astronomes français,

(1) *Voir* l'explication fort simple que j'en ai donnée au Chapitre I.

bien qu'il ait été parfaitement exposé par Kant, d'abord dans son *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels,* 1755, puis dans son *Beweisgrund zu einer Demonstration des Daseyns Gottes*, 1763. Kant dit lui-même que le premier écrit, sans nom d'auteur, a été peu connu. Il aurait même échappé à l'attention de Lambert, qui, dans ses *Kosmologische Briefen,* 1761, a reproduit, jusque dans les moindres détails, les idées de Kant sur la structure de l'univers, la Voie lactée, les nébuleuses, etc., sans le citer. Quant au second écrit, son titre suffisait pour écarter les astronomes (1). Ils auront cru qu'il y était uniquement question de Métaphysique.

Il est donc facile de comprendre que le théorème de Kant ait été ainsi enterré. Il a eu un autre malheur. En 1794, Herschel, qui venait de découvrir une tache de longue durée sur le disque de Saturne, en profita pour déterminer la rotation de cette planète, jusque-là absolument inconnue. Malheureusement, au lieu du nombre de Kant, $6^h 32^m 53^s$, Herschel trouva $10^h 16^m 0^s$.

Si les durées s'étaient accordées, le hardi calcul de Kant aurait été porté aux nues, comme, plus tard, celui qui conduisit à la découverte de Neptune; mais la différence parut écrasante (1). Par égard sans doute pour le célèbre philosophe de Kœnigsberg, on jeta un voile sur cette affaire et l'on condamna à l'oubli une belle conception qui aurait mérité un meilleur accueil.

En résumé, Kant a pris les choses de haut. Il a

(1) Cependant Lambert l'avait entre les mains dès 1764.

compris le grand rôle de la gravitation universelle; il a vu nettement que le monde solaire devait résulter de la concentration successive de matériaux disséminés dans le vaste espace qu'il occupe aujourd'hui. S'il n'a pas vu, par la faute de la Science de son temps, que l'incandescence du Soleil résulte de cette concentration même, du moins il a parfaitement compris qu'au sein de ce chaos en voie de formation il pouvait se produire des anneaux nébuleux circulant autour du centre où le Soleil commençait à se dessiner; que ces anneaux, en se défaisant, ont pu se résoudre en globes nébuleux au sein desquels se seront formées plus tard, toujours par voie de condensation attractive, les planètes avec leur cortège de satellites. Et ces planètes, formées aux dépens d'anneaux circulaires, devront se mouvoir comme eux dans des cercles concentriques au Soleil. Enfin il a pressenti, on peut le dire, la possibilité de satellites rétrogrades dans les régions planétaires.

Que manque-t-il donc à cette théorie? Nous l'avons dit plus haut : il lui manque une gyration originaire sans laquelle toutes ses déductions sont radicalement fausses.

Laplace n'a pas commis cette faute. Nous allons voir qu'il s'est donné une nébuleuse ou chaos primitif animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe parfaitement déterminé : de cette rotation il a fait aisément sortir les mouvements presque circulaires des planètes autour du Soleil. Mais cette hypothèse est tellement particulière qu'elle en perd toute probabilité. Il est impossible d'ailleurs de comprendre comment un immense chaos presque insaisissable

aurait pu être animé, dès l'origine, d'une telle rotation. Or, en dehors de cette supposition inadmissible, il ne reste que les mouvements tourbillonnaires de Descartes. Ceux-là du moins se comprennent aisément. Ils se produisent sous nos yeux, à toute échelle, dans nos cours d'eau ou dans notre atmosphère : fréquemment ils parviennent à se régulariser et à simuler une sorte de rotation. Malheureusement, Newton ayant prouvé que les mouvements des planètes de notre système n'étaient pas dus, comme le croyait Descartes, à des tourbillons, Kant s'est imaginé que cette condamnation s'étendait à l'époque où notre système se réduisait à un chaos informe de matériaux disséminés sur un vaste espace. Il ignorait d'ailleurs le mouvement de translation rapide qui a dû, dès l'origine, animer ce chaos. Il s'en est donc tenu à l'idée d'un amas de matériaux absolument immobile et a cru que les attractions internes de ces matériaux pourraient y faire naître les circulations dans un seul et même sens que nous y observons aujourd'hui. Et voilà comment Kant, persuadé que « Newton avait à tout jamais relégué les tourbillons cartésiens dans les limbes des vanités décrits par Milton » (*Paradise lost*), a été conduit à formuler lui-même une cosmogonie absolument fausse, malgré la grandeur et l'originalité de sa conception.

CHAPITRE X.

LAPLACE.

L'hypothèse cosmogonique de Laplace a été généralement acceptée jusqu'au moment où les découvertes des astronomes, en étendant le domaine du monde solaire, sont venues la contredire. Descartes, Newton, Kant et Laplace ont été frappés vivement d'une circonstance qui paraissait alors être absolument sans exception : dans le système solaire, tous les mouvements de circulation et de rotation étaient directs, de même sens que la rotation du Soleil. Tout le monde en a conclu qu'une même cause a dû imprimer, à l'origine, cette identité de sens à ces mouvements. De là les tourbillons de Descartes, l'intervention divine de Newton et le *clinamen* malencontreux que Kant imprime à ses molécules, un peu à l'imitation d'Épicure (1).

Laplace, en appliquant à l'énumération de ces mouvements, tous directs de son temps, le Calcul des probabilités, a présenté ce phénomène sous une forme saisissante :

Un phénomène aussi remarquable n'est pas l'effet du hasard : il indique une cause générale qui a déterminé tous ces mouvements. Pour avoir la probabilité avec laquelle cette

(1) *Naturgeschichte des Himmels,* p. 49.

cause est indiquée, nous observerons que le système planétaire, tel que nous le connaissons aujourd'hui, est composé de onze planètes et de dix-huit satellites, du moins si l'on attribue avec Herschel six satellites à la planète Uranus (1). On a reconnu les mouvements de rotation du Soleil, de six planètes, de la Lune, des satellites de Jupiter, de l'anneau de Saturne et de l'un de ses satellites. Ces mouvements forment, avec ceux de révolution, un ensemble de quarante-trois mouvements dirigés dans le même sens; or, on trouve par l'Analyse des probabilités qu'il y a plus de quatre mille milliards à parier contre un que cette disposition n'est pas l'effet du hasard, ce qui forme une probabilité bien supérieure à celle des événements historiques sur lesquels on ne se permet aucun doute. Nous devons donc croire, au moins avec la même confiance, qu'une cause primitive a dirigé les mouvements planétaires, surtout si nous considérons que l'inclinaison du plus grand nombre de ces mouvements à l'équateur solaire est fort petite (2).

On a, pour remonter à la cause des mouvements primitifs du système planétaire, les cinq phénomènes suivants : les mouvements des planètes dans le même sens et à peu près dans un même plan; les mouvements des satellites dans le même sens que ceux des planètes; les mouvements de rotation de ces différents corps et du Soleil dans le même sens que leurs mouvements de projection et dans des plans peu différents; le peu d'excentricité des orbes des planètes et des satellites; enfin la grande excentricité des orbes des comètes, quoique leurs inclinaisons aient été abandonnées au hasard.

Buffon est le seul que je connaisse qui, depuis la découverte du vrai système du monde, ait essayé de remonter à l'origine des planètes et des satellites. Il suppose qu'une comète, en tombant sur le Soleil, en a chassé un torrent de matière qui s'est réunie au loin en divers globes plus ou moins grands et plus ou moins éloignés de cet astre; ces globes, devenus par

(1) On n'en a revu que quatre jusque dans ces derniers temps et avec les plus puissantes lunettes.

(2) *Introduction à la Théorie des Probabilités*, p. LXXII.

leur refroidissement opaques et solides, sont les planètes et leurs satellites.

Cette hypothèse satisfait au premier des cinq phénomènes précédents, car il est clair que tous les corps ainsi formés doivent se mouvoir à peu près dans le plan qui passait par le centre du Soleil et par la direction du torrent de matière qui les a produits ; les quatre autres phénomènes me paraissent inexplicables par son moyen. A la vérité, le mouvement absolu des molécules d'une planète doit être alors dirigé dans le sens du mouvement de son centre de gravité ; mais il ne s'ensuit point que le mouvement de rotation de la planète soit dirigé dans le même sens ; ainsi la Terre pourrait tourner d'orient en occident, et cependant le mouvement absolu de chacune de ses molécules serait dirigé d'occident en orient, ce qui doit s'appliquer au mouvement de révolution des satellites, dont la direction, dans l'hypothèse dont il s'agit, n'est pas nécessairement la même que celle du mouvement de projection des planètes.

Un phénomène, non seulement très difficile à expliquer dans cette hypothèse, mais qui lui est contraire, est le peu d'excentricité des orbes planétaires. On sait, par la théorie des forces centrales, que, si un corps mû dans un orbe rentrant autour du Soleil rase la surface de cet astre, il y reviendra constamment à chacune de ses révolutions, d'où il suit que, si les planètes avaient été primitivement détachées du Soleil, elles le toucheraient à chaque retour vers cet astre, et leurs orbes, loin d'être circulaires, seraient fort excentriques. Il est vrai qu'un torrent de matière, chassé du Soleil, ne peut pas être exactement comparé à un globe qui rase sa surface; l'impulsion que les parties de ce torrent reçoivent les unes des autres, et l'attraction réciproque qu'elles exercent entre elles peuvent, en changeant la direction de leurs mouvements, éloigner leurs périhélies du Soleil. Mais leurs orbes devraient toujours être fort excentriques, ou, du moins, ils n'auraient pu avoir tous de petites excentricités que par le hasard le plus extraordinaire. Enfin on ne voit pas, dans l'hypothèse de Buffon, pourquoi les orbes de plus de cent comètes déjà observées sont tous fort allongés. Cette hypo-

thèse est donc très éloignée de satisfaire aux phénomènes précédents : voyons s'il est possible de s'élever à leur véritable cause.

Quelle que soit sa nature, puisqu'elle a produit ou dirigé les mouvements des planètes, il faut qu'elle ait embrassé tous ces corps, et, vu la distance prodigieuse qui les sépare, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense étendue. Pour leur avoir donné, dans le même sens, un mouvement presque circulaire autour du Soleil, il faut que ce fluide ait environné cet astre comme une atmosphère. La considération des mouvements planétaires nous conduit donc à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive l'atmosphère du Soleil s'est primitivement étendue au delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles.

Dans l'état primitif où nous supposons le Soleil, il ressemblait aux nébuleuses que le télescope nous montre composées d'un noyau plus ou moins brillant, entouré d'une nébulosité qui, en se condensant à la surface du noyau, le transforme en étoile. Si l'on conçoit, par analogie, toutes les étoiles formées de cette manière, on peut imaginer leur état antérieur de nébulosité, précédé lui-même par d'autres états dans lesquels la matière nébuleuse était de plus en plus diffuse, le noyau étant de moins en moins lumineux. On arrive ainsi, en remontant aussi loin qu'il est possible, à une nébulosité tellement diffuse que l'on pourrait à peine en soupçonner l'existence.

Depuis longtemps la disposition particulière de quelques étoiles visibles à la vue simple a frappé des observateurs philosophes. Michel a déjà remarqué combien il est peu probable que les étoiles des Pléiades, par exemple, aient été resserrées dans l'espace étroit qui les renferme par les seules chances du hasard, et il en a conclu que ce groupe d'étoiles et les groupes semblables que le ciel nous présente sont les effets d'une cause primitive ou d'une loi générale de la nature. Ces groupes sont un résultat nécessaire de la condensation des nébuleuses à plusieurs noyaux ; car il est visible que, la matière nébuleuse étant sans cesse attirée

par ces noyaux divers, ils doivent former à la longue un groupe d'étoiles pareil à celui des Pléiades. La condensation des nébuleuses à deux noyaux formera semblablement des étoiles très rapprochées, tournant l'une autour de l'autre. telles que les étoiles doubles dont on a déjà reconnu les mouvements respectifs.

Mais comment l'atmosphère solaire a-t-elle déterminé les mouvements de rotation et de révolution des planètes et des satellites? Si ces corps avaient pénétré profondément dans cette atmosphère, sa résistance les aurait fait tomber sur le Soleil. On peut donc conjecturer que les planètes ont été formées à ses limites successives par la condensation des zones de vapeurs qu'elle a dû, en se refroidissant, abandonner dans le plan de son équateur.

Rappelons les résultats que nous avons donnés dans le Chapitre X du Livre précédent. L'atmosphère du Soleil ne peut pas s'étendre indéfiniment; sa limite est le point où la force centrifuge due à son mouvement de rotation balance la pesanteur; or, à mesure que le refroidissement resserre l'atmosphère et condense à la surface de l'astre les molécules qui en sont voisines, le mouvement de rotation augmente; car, en vertu du principe des aires, la somme des aires décrites par le rayon vecteur de chaque molécule du Soleil et de son atmosphère, et projetées sur le plan de son équateur, étant toujours la même, la rotation doit être plus prompte quand ces molécules se rapprochent du centre du Soleil. La force centrifuge due à ce mouvement devenant ainsi plus grande, le point où la pesanteur lui est égale est plus près de ce centre. En supposant donc, ce qu'il est naturel d'admettre, que l'atmosphère s'est étendue, à une époque quelconque, jusqu'à sa limite, elle a dû, en se refroidissant, abandonner les molécules situées à cette limite et aux limites successives produites par l'accroissement de la rotation du Soleil. Ces molécules abandonnées ont continué de circuler autour de cet astre, puisque leur force centrifuge était balancée par leur pesanteur. Mais, cette égalité n'ayant point lieu par rapport aux molécules atmosphériques placées sur les parallèles à l'équateur solaire, celles-ci se sont rapprochées, par leur pesanteur,

de l'atmosphère, à mesure qu'elle se condensait, et elles n'ont cessé de lui appartenir qu'autant que, par ce mouvement, elles se sont rapprochées de cet équateur.

Considérons maintenant les zones des vapeurs successivement abandonnées. Ces zones ont dû, selon toute vraisemblance, former, par leur condensation et l'attraction mutuelle de leurs molécules, divers anneaux concentriques de vapeurs circulant autour du Soleil. Le frottement mutuel des molécules de chaque anneau a dû accélérer les unes et retarder les autres jusqu'à ce qu'elles aient acquis un même mouvement angulaire. Ainsi les vitesses réelles des molécules plus éloignées du centre de l'astre ont été plus grandes. La cause suivante a dû contribuer encore à cette différence de vitesse : les molécules les plus distantes du Soleil et qui, par les effets du refroidissement et de la condensation, s'en sont rapprochées pour former la partie supérieure de l'anneau, ont toujours décrit des aires proportionnelles aux temps, puisque la force centrale dont elles étaient animées a été constamment dirigée vers cet astre ; or cette constance des aires exige un accroissement de vitesse à mesure qu'elles s'en sont rapprochées. On voit que la même cause a dû diminuer la vitesse des molécules qui se sont élevées vers l'anneau pour former sa partie inférieure.

Si toutes les molécules d'un anneau de vapeurs continuaient de se condenser sans se désunir, elles formeraient à la longue un anneau liquide ou solide. Mais la régularité que cette formation exige dans toutes les parties de l'anneau et dans leur refroidissement a dû rendre ce phénomène extrêmement rare. Aussi le système solaire n'en offre-t-il qu'un seul exemple, celui des anneaux de Saturne. Presque toujours chaque anneau de vapeurs a dû se rompre en plusieurs masses qui, mues avec des vitesses très peu différentes, ont continué de circuler à la même distance autour du Soleil. Ces masses ont dû prendre une forme sphéroïdique, avec un mouvement de rotation dirigé dans le sens de leur révolution, puisque leurs molécules inférieures avaient moins de vitesse réelle que les supérieures ; elles ont donc formé autant de planètes à l'état de vapeurs. Mais, si l'une d'elles a été assez puissante pour réunir

successivement, par son attraction, toutes les autres autour de son centre, l'anneau de vapeurs aura été ainsi transformé dans une seule masse sphéroïdique de vapeurs, circulant autour du Soleil, avec une rotation dirigée dans le sens de sa révolution. Ce dernier cas a été le plus commun : cependant le système solaire nous offre le premier cas dans les quatre petites planètes qui se meuvent entre Jupiter et Mars ; à moins qu'on ne suppose, avec M. Olbers, qu'elles formaient primitivement une seule planète qu'une forte explosion a divisée en plusieurs parties animées de vitesses différentes.

Maintenant, si nous suivons les changements qu'un refroidissement ultérieur a dû produire dans les planètes en vapeurs, dont nous venons de concevoir la formation, nous verrons naître, au centre de chacune d'elles, un noyau s'accroissant sans cesse par la condensation de l'atmosphère qui l'environne. Dans cet état, la planète ressemblait parfaitement au Soleil à l'état de nébuleuse où nous venons de le considérer ; le refroidissement a donc dû produire, aux diverses limites de son atmosphère, des phénomènes semblables à ceux que nous avons décrits, c'est-à-dire des anneaux et des satellites circulant autour de son centre, dans le sens de son mouvement de rotation, et tournant dans le même sens sur eux-mêmes. La distribution régulière de la masse des anneaux de Saturne autour de son centre et dans le plan de son équateur résulte naturellement de cette hypothèse, et sans elle devient inexplicable : ces anneaux me paraissent être des preuves toujours subsistantes de l'extension primitive de l'atmosphère de Saturne et de ses retraites successives. Ainsi les phénomènes singuliers du peu d'excentricité des orbes des planètes et des satellites, du peu d'inclinaison de ces orbes à l'équateur solaire, et de l'identité du sens des mouvements de rotation et de révolution de tous ces corps avec celui de la rotation du Soleil, découlent de l'hypothèse que nous proposons et lui donnent une grande vraisemblance.

Si le système solaire s'était formé avec une parfaite régularité, les orbites des corps qui le composent seraient des cercles dont les plans, ainsi que ceux des divers équateurs et des anneaux, coïncideraient avec le plan de l'équateur solaire.

Mais on conçoit que les variétés sans nombre qui ont dû exister dans la température et la densité des diverses parties de ces grandes masses ont produit les excentricités de leurs orbites, et les déviations de leurs mouvements, par rapport au plan de cet équateur.

Dans notre hypothèse, les comètes sont étrangères au système planétaire. En les considérant, ainsi que nous l'avons fait, comme de petites nébuleuses errantes de systèmes en systèmes solaires, et formées par la condensation de la matière nébuleuse, répandue avec tant de profusion dans l'univers, on voit que, lorsqu'elles parviennent dans la partie de l'espace où l'attraction du Soleil est prédominante, il les force à décrire des orbes elliptiques ou hyperboliques. Mais, leurs vitesses étant également possibles suivant toutes les directions, elles doivent se mouvoir indifféremment dans tous les sens et sous toutes les inclinaisons à l'écliptique, ce qui est conforme à ce que l'on observe. Ainsi la condensation de la matière nébuleuse, par laquelle nous venons d'expliquer les mouvements de rotation et de révolution des planètes et des satellites dans le même sens et sur des plans peu différents, explique également pourquoi les mouvements des comètes s'écartent de cette loi générale.

Étudions d'abord l'idée première qui a guidé Laplace.

Il part de la supposition que tous les mouvements du système solaire ont lieu dans le même sens et c'est même pour cela qu'il élimine les comètes. C'est une cause unique qui a dirigé ainsi ces mouvements. Par un calcul de probabilités, il trouve qu'il y a plus de quatre mille milliards à parier contre un en faveur de cette cause. Cette probabilité équivaut presque à la certitude, mais la découverte de Neptune a réduit cette certitude à zéro.

Il est intéressant de voir tout d'abord les suites de cette erreur. Les planètes circulent, il est vrai, dans

le même sens, le sens de la rotation du Soleil, et c'est ce qu'aucune découverte ultérieure ne viendra infirmer. Mais, si l'on passe de là aux rotations des planètes et à la circulation de leurs satellites, on ne doit plus les subordonner, comme fait Laplace, aux circulations planétaires. Il n'y a pas de raison pour que les unes et les autres soient de même sens. Que faut-il conclure de cette opposition que Kant n'a pas omis de mettre en pleine lumière ?

Évidemment, si les planètes circulent toutes dans le sens du Soleil, c'est que ce phénomène-là est primordial. C'est pourquoi Laplace a doté dès le début son Soleil d'une rotation primitive, ce qui est d'ailleurs excessif.

Mais il a voulu aussi rattacher à cette cause unique les circulations des satellites en faisant dériver du Soleil les anneaux générateurs par un procédé constant, celui du refroidissement, et sous l'empire d'une seule et même loi. Il est finalement conduit ainsi à la contradiction de Neptune et d'Uranus.

Nous pensons au contraire que les anneaux nébuleux générateurs des planètes ont été créés indépendamment du Soleil, et même avant lui, sous l'empire d'une gyration plus générale et préexistante à laquelle le Soleil a participé, mais que les satellites n'ont pas été formés de la même manière. Ils répondent à deux lois différentes d'attraction qui se sont succédé pendant la formation du système. De là tout naturellement l'explication de ce fait décisif de deux sortes de circulations chez les satellites, fait qui domine entièrement la question.

Maintenant nous allons entrer dans les détails de

l'hypothèse cosmogonique de Laplace, en laissant de côté nos idées qui seront développées plus loin.

Laplace part d'un Soleil préexistant, un Soleil tout formé, animé d'une rotation autour d'un axe déterminé, et c'est de cette rotation qu'il va déduire la circulation des planètes et de leurs satellites. Pour que le Soleil ait pu embrasser, à une certaine époque, l'ensemble de ces mouvements, il suppose qu'avant cette époque une chaleur excessive l'aura dilaté et aura étendu son atmosphère au delà des orbes de toutes les planètes sans altérer la rotation préexistante. Cette hypothèse ne saurait être admise. On ne voit dans l'univers aucune cause qui puisse produire un pareil effet, à moins de supposer, avec Poisson, qu'il y ait dans les espaces infinis des régions douées d'une chaleur excessive où le Soleil aurait été transporté temporairement. Mais cette supposition est encore plus invraisemblable que la première. Loin d'offrir des régions interstellaires douées d'une prodigieuse chaleur, l'espace est froid entre les étoiles et sa température s'élève à peine au-dessus du minimum absolu.

Aussi Laplace a-t-il plus tard assimilé le Soleil, dès l'origine, aux nébuleuses qu'Herschel avait observées dans ses télescopes, avec un noyau et une large atmosphère. On arrive ainsi, dit-il, en remontant aussi loin qu'il est possible, à une nébulosité tellement diffuse qu'on pourrait à peine en soupçonner l'existence. Il semblerait par là que Laplace incline à accepter qu'à l'origine le Soleil serait une nébuleuse, ce qui le rapprocherait des opinions actuelles.

Pour entrer encore plus dans cette voie, il faudrait

supposer que la nébuleuse originaire, impalpable, froide comme l'espace, ait été animée d'une rotation sur elle-même; qu'en se contractant en un Soleil elle ait produit une chaleur excessive (notion qui manquait absolument à Laplace), et que le Soleil une fois formé avec sa rotation naturellement conservée a eu son atmosphère assez dilatée par la chaleur produite, pour englober le domaine futur des planètes. Alors on retomberait sur l'idée de Laplace qui fait naître les anneaux, générateurs des planètes, du refroidissement successif de cette atmosphère prodigieuse.

La cosmogonie de Laplace devient ainsi plus plausible. De la décomposition spontanée des anneaux tournant autour du Soleil dans le sens de la rotation de celui-ci résulte en effet un ensemble de planètes circulant en sens direct. Depuis Laplace 400 petites planètes ont été découvertes entre Mars et Jupiter. Toutes ces planètes sont directes. On a découvert, aux confins du monde solaire, une planète nouvelle de l'ordre de grandeur d'Uranus. Cette planète est directe comme les autres. Directe serait encore la planète plus éloignée dont quelques astronomes se préoccupent déjà.

De même, et par la même raison, les satellites qui entourent une planète se meuvent dans le sens de la rotation de celle-ci. On a dans ces derniers temps découvert un 8^{e} satellite à Saturne, un 5^{e} satellite à Jupiter, deux satellites à Mars; ils circulent autour de leur planète dans le sens où leur planète tourne elle-même. De même les satellites d'Uranus et le satellite de Neptune circulent dans le sens de la rotation de leur planète, du moins tout contribue à le faire penser.

Voilà des caractères certains. Il serait superflu

d'appliquer ici le Calcul des probabilités. La théorie les indique et chaque découverte nouvelle les confirme. Mais croire *a priori* que, si les planètes sont directes autour du Soleil, leurs rotations et leurs satellites doivent l'être pareillement, c'est une erreur de théorie, et nous allons voir que les découvertes modernes n'ont pas tardé à montrer que c'est aussi une erreur de fait.

Du temps de Laplace on venait de découvrir Uranus et ses satellites. Laplace en admet six et d'avance les compte comme directs. Mais, pour qu'un astronome se prononce sur le sens du mouvement d'un satellite dont il calcule l'orbite assez promptement, il lui faut attendre que ce petit système, en se déplaçant autour du Soleil avec sa planète, se soit présenté à l'observateur sous deux aspects très différents. Ce travail, retardé pour le système d'Uranus par la lenteur des mouvements de la planète et surtout par la difficulté d'observer des astres si faibles, n'était pas encore terminé à l'époque de Laplace : il nous a appris que les quatre satellites d'Uranus sont *rétrogrades*.

C'était pour les idées de Laplace un coup fatal. On a bien cherché à l'atténuer en le traitant comme un simple accident sans importance qui serait survenu aux confins de notre monde. Mais plus tard la découverte de Neptune, dont le satellite est encore plus nettement rétrograde, aurait dû ouvrir les yeux. Il en résulte en effet que dans le monde solaire ainsi doublé d'étendue il faut désormais distinguer deux régions par rapport aux rotations des planètes et aux mouvements de leurs satellites : la région intérieure où les planètes anciennement connues tournent sur elles-

mêmes avec leurs satellites, dans le sens direct, et la région extérieure, bien plus vaste, où les satellites circulent autour de leurs planètes dans le sens rétrograde.

Dès lors l'hypothèse cosmogonique de Laplace, fondée sur une erreur de théorie mise en pleine évidence par les faits, est inacceptable. Nous allons néanmoins en compléter la critique.

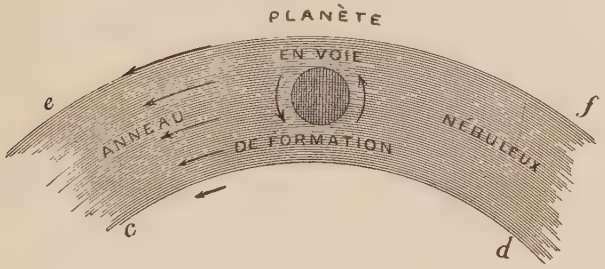
Personne ne se méprendra, j'en suis convaincu, au sentiment qui m'anime dans cette critique. Il s'agit d'une simple hypothèse que Laplace a présentée lui-même avec une grande réserve, et l'auteur de la *Mécanique céleste* est placé trop haut pour que sa gloire en reçoive la moindre atteinte. Voici bientôt un siècle que les astronomes vivent sur ces cinq immortels Volumes et s'efforcent d'en tirer les conséquences utiles ou d'en perfectionner les fécondes méthodes. Quand bien même les progrès des observations ou ceux de l'Analyse infinitésimale viendraient à en modifier certaines parties, cette œuvre restera comme une des plus hautes manifestations de l'esprit humain. Mais la Science a ce privilège de toujours avancer, et c'est encore rendre hommage au génie des maîtres les plus admirés que de s'aider de leurs travaux pour dépasser les bornes qu'ils ont cru poser.

Kant dit expressément, avec une grande raison, qu'il n'y a rien de commun entre les deux mouvements, celui de la circulation d'une planète autour du Soleil et celui de sa rotation sur elle-même et par suite le sens de la circulation de ses satellites.

Or, ces vitesses de circulation offrent deux cas bien distincts : 1° celui où l'anneau nébuleux qui donne

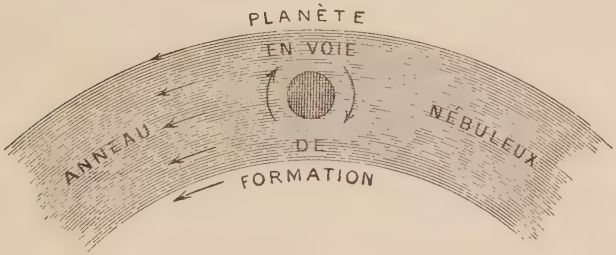
naissance à une planète tourne tout d'une pièce; 2° celui où l'anneau nébuleux, assimilable à une série

Fig. 4.



de petites planètes, circule suivant les lois de Kepler. Dans le premier cas (*fig.* 4), les planètes une fois

Fig. 5.



• SOLEIL

formées tourneraient dans le sens de leur circulation ainsi que leurs satellites.

Dans le second (*fig.* 5), elles tourneraient en sens rétrograde.

Et, si dans l'histoire du système planétaire il était établi que les anneaux ont suivi successivement et séparément les deux processus, le système pourrait présenter deux régions, l'une où les satellites seraient tous directs, l'autre où ils seraient tous rétrogrades. C'est ce qui a lieu effectivement dans la nature.

Or Laplace suppose que tous les anneaux générateurs circulaient à l'origine suivant les lois de Kepler. Il se serait donc condamné à n'avoir que des mouvements de rotation rétrogrades pour les planètes et leurs satellites s'il n'avait introduit une considération qui les rend directs et tous directs, conformément à l'énorme probabilité à laquelle il était arrivé.

Pour obtenir des rotations directes, il a parfaitement vu que les vitesses dans les anneaux devaient aller en croissant du bord interne au bord externe. Or elles vont tout d'abord en décroissant; donc il faut qu'il se passe dans les anneaux, postérieurement à leur formation, quelque chose qui intervertisse l'ordre des vitesses, qui augmente les vitesses des couches extérieures et diminue celles des couches intérieures.

Ce quelque chose, ce serait le frottement mutuel des couches concentriques d'un anneau nébuleux si ces couches pouvaient être assimilées à une atmosphère animée d'un mouvement de rotation. En effet, dans l'atmosphère d'un globe tournant, les couches pressent les unes sur les autres parce que la force centrifuge y est partout inférieure à la pesanteur. Si la rotation du globe central vient à s'accélérer, les cou-

ches inférieures en contact avec lui prennent aussitôt sa nouvelle vitesse; les couches placées au-dessus et pesant de tout leur poids sur les inférieures sont entraînées elles-mêmes par le frottement que la moindre différence de vitesse provoque entre ces couches. De proche en proche les vitesses s'accélèrent et finalement les couches extrêmes se mettent à tourner angulairement du même pas que le globe central, comme si elles faisaient avec lui un tout solide.

Mais il n'y a rien de pareil dans un anneau nébuleux animé, non pas d'une rotation, mais d'une circulation planétaire. Si vous partagez par la pensée cet anneau plat en couches concentriques, ces couches ne presseront pas les unes sur les autres, parce que le poids de chacune d'elles sera *exactement compensé* par la force centrifuge. Il n'y aura donc plus, comme dans une atmosphère, d'entraînement sous pression (1), mais seulement des collisions de molé-

(1) Outre ce frottement sous pression qui n'existe pas, Laplace invoque une seconde cause, le refroidissement de l'anneau. Suivant lui l'anneau se contracterait dans le sens de sa largeur, et les parties situées au bord externe se rapprocheraient de la région médiane et par conséquent du Soleil. Leur vitesse linéaire augmenterait donc. Les parties situées vers le bord interne se rapprocheraient aussi de la région médiane de l'anneau par l'effet de cette contraction, mais elles s'éloigneraient ainsi duSoleil; leur vitesse diminuerait donc. Ce double effet s'ajouterait à celui du frottement des couches concentriques pour produire l'interversion des vitesses primitives dont Laplace a besoin.

Mais il raisonne encore ici comme s'il s'agissait d'une atmosphère; celle-ci se contracte en effet par le refroidissement, parce que ses couches pèsent les unes sur les autres. Quand l'une d'elles se contracte, les autres sont bien forcées par leur poids de se rapprocher. Il n'en est plus ainsi d'un anneau dont les parties circulent selon les lois de Kepler et n'exercent aucune pression les unes sur les autres. Le refroidissement produit la rétraction des particules et non plus de l'anneau lui-même; il n'en modifie pas les dimensions d'une manière appréciable.

cules voisines animées de vitesses infiniment peu différentes, des destructions de vitesses tangentielles dont le résultat sera de rapprocher insensiblement du centre de circulation toutes les parties de l'anneau, ou d'y provoquer des ruptures sous forme de lignes de séparation circulaires entre ses diverses parties, comme Kant l'avait déjà remarqué.

Par conséquent, l'état originaire de l'anneau n'aura jamais subi l'interversion des vitesses dont Laplace a besoin. Et, comme preuve de fait, il me suffira de citer l'anneau de Saturne qui circule aujourd'hui encore, sous nos yeux, de la même manière qu'il circulait il y a des millions d'années.

Ainsi le seul fait qu'une planète tourne de droite à gauche, comme le Soleil, prouve qu'elle n'a pas dû son origine à des anneaux tirés du Soleil. Si l'hypothèse de Laplace était fondée, je veux dire si la Terre, par exemple, était née d'un anneau détaché du Soleil par refroidissement, nous verrions les astres se lever à l'ouest et se coucher à l'est.

Une autre preuve bien frappante de l'insuffisance de cette hypothèse, c'est que Laplace a été obligé de considérer les comètes comme des astres errant de système en système, de soleil en soleil, et entrant par hasard dans la sphère d'attraction du nôtre. Or je ne connais pas actuellement d'astronome qui ne soit convaincu du contraire. Tous nous pensons que les comètes appartiennent au système solaire. Les orbites paraboliques que nous leur assignons ne sont au fond que des ellipses très excentriques dont la courte durée d'apparition de ces astres n'a pas permis de déterminer les grands axes. Sur les 400 comètes dont nous

possédons les orbites, pas une seule ne décrit une hyperbole bien caractérisée (¹). Dans un passage que j'ai supprimé, Laplace tâche d'expliquer, par un calcul de probabilités, l'absence déjà notée depuis longtemps de ce genre d'orbites. Mais son raisonnement est vicié par l'omission du mouvement de translation du système solaire et de celui des autres mondes par lesquels auraient pu, d'après lui, passer les comètes avant d'arriver au nôtre. Puisqu'en fait les comètes décrivent autour du Soleil des orbites sensiblement paraboliques dans la limite où elles peuvent être calculées, il faut en conclure qu'à la limite indécise, mais très éloignée de ce que l'on nomme la *sphère d'attraction* du Soleil, elles ont un mouvement relatif insensible. Et, comme le mouvement de translation du Soleil est très sensible, les comètes doivent posséder en outre ce même mouvement, c'est-à-dire faire partie du système solaire.

Enfin, une conséquence de cette théorie, c'est que la durée de la révolution du satellite le plus voisin d'une planète doit surpasser la durée de rotation de celle-ci. Or on a découvert, il y a peu d'années, deux satellites à Mars; l'un d'eux, Phobos, met un peu moins de huit heures à circuler autour de la planète, tandis que celle-ci accomplit sa rotation en vingt-quatre heures trente-sept minutes.

(¹) Je me trompe; on en compte jusqu'à deux ou trois, mais on vient de s'assurer que cette hyperbolicité ne tient pas à une question d'origine, mais simplement à ce qu'on a négligé les petites perturbations introduites par l'attraction des planètes.

En écrivant ces lignes, ma pensée se reportait à la déclaration magistrale de Newton (p. 120) : *Dans la Philosophie expérimentale on tire les propositions des phénomènes, et on les rend ensuite générales par induction.* Certes, si jamais cette règle semble avoir été appliquée à la lettre, c'est dans la théorie qui nous occupe. Les faits, ici, ce sont les quarante-trois mouvements que Laplace a considérés : il n'y en avait pas d'autres et tous lui paraissaient être de même sens. En généralisant, il devait conclure, avec la plus entière confiance, que dans notre monde le trait caractéristique, c'est justement l'identité de sens de toutes les rotations, de toutes les circulations, depuis le Soleil jusqu'au plus humble satellite. Mettez qu'on n'ait pas découvert ultérieurement le satellite de Neptune et qu'on n'ait pas été en état, faute de lunettes assez puissantes, d'achever l'étude des satellites d'Uranus : ce nombre de quarante-trois faits concordants s'élèverait aujourd'hui à plus de 400. Quelle éclatante confirmation de la règle de Newton et de la généralisation de Laplace! Et pourtant on aurait abouti à la plus complète erreur. Mais ce n'est pas la règle qui est en défaut : les faits doivent nous servir de guide; seulement, avant d'en déduire des propositions et de les généraliser par voie d'induction, il est indispensable de s'assurer que les faits énumérés sont tous de même espèce. Nous avons vu que tel n'est pas ici le cas. Ajoutons qu'en fait d'hypothèse, lorsqu'une de ses conséquences logiquement déduite se trouve en désaccord avec les faits qu'elle doit représenter, il ne faut pas chercher à masquer ce désaccord par un artifice

additionnel : le bon sens veut qu'on renonce à l'hypothèse et qu'on cherche autre chose. C'est ce que nous allons tenter de faire dans la IV^e Partie (1).

(1) Je reconnais ici que l'hypothèse de Laplace a été défendue, avec un talent auquel je m'empresse de rendre hommage, par M. C. Wolf, de l'Institut, dans son livre intitulé : *Les hypothèses cosmogoniques* (Gauthier-Villars, Paris; 1886). Néanmoins je crois devoir maintenir intégralement ma critique.

QUATRIÈME PARTIE.

IDÉES COSMOGONIQUES DU XIX^{e} SIÈCLE.

Les documents qui précèdent montrent que les idées cosmogoniques ont toujours répondu à l'état de la science du temps, science d'abord rudimentaire à l'époque primitive, puis développée d'âge en âge jusqu'à son entier épanouissement mathématique au XVIII^{e} siècle.

La cosmogonie de Laplace, par exemple, répond bien à la science du dernier siècle qui a eu pour objectif principal de pousser, jusqu'aux dernières conséquences, la théorie newtonienne de notre petit monde solaire, abstraction faite du reste de l'univers. Tout le monde a été séduit par cette hypothèse, habilement exposée dans un style à la fois noble et simple, avec l'autorité du grand géomètre dont l'œuvre capitale forme encore aujourd'hui le code de l'Astronomie mathématique.

Mais les idées du dernier siècle, en tout ce qui ne se rattache pas directement à la Géométrie, ont été singulièrement bouleversées dans le cours du XIX^{e}. Il n'en reste presque plus rien ni pour la lumière, ni pour la chaleur. On n'en parle plus qu'avec une sorte de dédain et en exprimant la surprise que de telles conceptions aient régné plus d'un siècle. Des sciences entières ont été créées de toutes pièces sous nos yeux.

Des moyens de recherche d'une singulière puissance ont été inventés et appliqués avec le plus merveilleux succès. En Astronomie même, de grands progrès ont changé la face de la Science et la tournure de nos idées. Quatre cents petites planètes ont été découvertes entre les orbites de Mars et de Jupiter. Les satellites d'Uranus ont été complètement étudiés, et ceux de Mars ont montré récemment toute la puissance instrumentale de notre époque; mais la nature des mouvements de ces six satellites a trompé l'attente de Laplace. On a reconnu le véritable mode de circulation des anneaux de Saturne : il ne répond pas à l'idée qu'on s'en faisait au siècle passé. La brillante découverte de Neptune et de son satellite a doublé l'étendue du système solaire; mais ce système, ainsi complété et étendu, ne ressemble plus à celui que Laplace se figurait et voulait expliquer. On a réussi à mesurer les distances des étoiles; elles avaient défié tous les efforts du siècle précédent. Les orbites des étoiles doubles ont été observées et calculées : elles ont montré combien d'autres mondes diffèrent du nôtre sous le rapport mécanique, en sorte qu'une hypothèse aussi restreinte que celle de Laplace leur serait absolument inapplicable.

Les mouvements de translation de ces mondes qui peuplent l'univers ont été déterminés, même, chose incroyable, dans la direction de notre rayon visuel. Celui qui emporte notre petit système vers la constellation d'Hercule a été mis hors de doute : c'est là un élément dont on ne pouvait tenir compte autrefois. Les nébuleuses de toute sorte, les étoiles et leurs amas si variés ont été passés en revue et classés

d'après l'analyse de leur lumière. On a décuplé le nombre des comètes périodiques, triplé le nombre des comètes ordinaires qui, malgré l'excentricité excessive de leurs orbites, n'en font pas moins partie de notre monde. On s'est attaché à étudier leurs figures étonnantes dont le XVIII^e^ siècle s'est si peu occupé. Ces figures ont mis en évidence la force répulsive que le Soleil exerce sur leurs matériaux; autrefois on ne se souciait guère d'être conduit à reconnaître que l'attraction newtonienne n'est pas la seule force que le géomètre doive considérer dans l'espace. On a rattaché aux comètes périodiques le phénomène naguère si mystérieux des étoiles filantes. On classe dans nos musées, sous le nom d'*aérolithes* qui rappelle une méprise du siècle précédent, on analyse dans les creusets de nos laboratoires de vrais matériaux cosmiques, des débris d'astres disparus qui permettent au chimiste de contrôler directement des résultats obtenus par la voie toute différente de l'Analyse spectrale. Enfin on applique, journellement, couramment, cette étonnante Analyse spectrale, la Photographie et la Thermodynamique à une étude dont la seule idée aurait paru absurde il y a soixante ans, celle de la constitution physico-chimique de notre Soleil et de l'univers. Citons aussi les belles et grandes sciences toutes nouvelles de la Géologie, de la Paléontologie, du développement normal des êtres organisés, lesquelles réagissent plus ou moins directement sur les idées cosmologiques.

Le plus grand phénomène de l'univers, celui qui accuse le plus nettement la communauté d'origine des mondes qui le composent, c'est l'incandescence

de tous les astres. C'était encore un mystère il y a quarante ans : aussi Laplace se donne-t-il tout simplement cette chaleur d'origine sans en chercher la cause. Kant seul s'est posé la question, mais il n'a pu la résoudre. Aujourd'hui tout système cosmogonique devra débuter par cette question et en demander la solution à la Thermodynamique.

Il y a plus, toute tentative cosmogonique devra désormais s'appliquer à l'ensemble des mondes dont l'univers se compose : le système solaire n'a rien qui le distingue essentiellement de ces myriades de mondes qui ont abouti, comme le nôtre, à la formation d'une étoile centrale. Les différences doivent tenir, non à des modes de formation spéciaux, mais à quelque diversité dans les conditions d'origine propres à chacun d'eux.

Nous commencerons donc par une classification de ces mondes; puis nous donnerons la théorie de notre Soleil parce qu'elle s'applique à tous les autres; enfin nous aborderons ce qu'il y a de particulier à notre système, détails dont l'importance n'est capitale que pour nous autres humains.

Le problème cosmogonique a beau s'élargir, il n'est pas devenu pour cela moins abordable, car la Science actuelle, celle du XIX^e siècle, lui apporte des vues d'ensemble et des moyens puissants d'étude. Tels sont la Théorie des étoiles doubles, celle du Soleil dont la constitution physique et chimique n'est plus un mystère, la théorie mécanique de la chaleur et l'analyse spectrale de la lumière. Le lecteur jugera si j'ai réussi à mettre en œuvre ces ressources nouvelles.

CHAPITRE XI.

L'UNIVERS ET LA CLASSIFICATION DES MONDES.

Établissons d'abord le sens précis de ces mots : *les mondes et l'univers*. L'univers est l'ensemble, non pas de tout ce qui existe, mais ce que nous voyons se dessiner en perspective sur le ciel, c'est-à-dire sur ce fond de tableau sphérique qui se forme, pour l'œil de chaque spectateur, par l'éclairement des couches basses de l'atmosphère. Il s'étend en raison de la puissance optique de nos télescopes et il nous apparaît aujourd'hui bien plus grand qu'aux siècles passés. Les mondes dont il se compose se comptent par millions.

Un monde, au contraire, n'est qu'une unité dans cet ensemble. C'est un système de corps unis par les liens d'une attraction mutuelle assez forte pour les maintenir réunis, malgré les forces extérieures. Tel est le monde solaire, le nôtre; il se compose d'une étoile centrale, le Soleil, et d'une foule de petits corps obscurs et froids qui circulent autour de lui. Ces corps brillent d'un éclat emprunté à la lumière de l'astre central : ce sont les planètes. Nous sommes placés sur l'une d'elles, assez éloignés des autres systèmes pour ne pas être entraînés et absorbés par eux, et nous y vivons passablement heureux grâce à la lumière et à la chaleur que le Soleil nous envoie, grâce aussi à un

ensemble de conditions très particulières qui permettent à des êtres vivants de se développer à sa surface.

Sans doute les autres mondes épars dans l'univers agissent sur le nôtre par leur attraction, leur lumière et leur chaleur; mais cette triple action est négligeable à cause de l'énormité des distances. C'est cette énormité qu'on exprimait fort bien dans l'École pythagoricienne en disant que le cercle décrit chaque année par la Terre autour du Soleil ne paraîtrait que comme un point si nous le voyions de la distance des étoiles. En fait, les astronomes admettent encore aujourd'hui, dans presque tous leurs calculs, que la distance des étoiles est pratiquement infinie; ils étudient le monde solaire comme si le reste de l'univers n'existait pas. A ce point de vue, les mondes que nous allons classer peuvent être considérés comme des individualités indépendantes les unes des autres.

C'est à la science de notre époque que nous devons la mesure de ces distances énormes : le siècle précédent y avait échoué. Tâchons d'en donner une idée.

S'agit-il de déterminer la distance d'un signal inaccessible, l'arpenteur commence par mesurer sur son terrain une base de longueur convenable; puis, des deux extrémités de cette base, il vise successivement au signal et mesure avec soin les angles à la base du triangle ainsi formé : un simple calcul lui permet de résoudre ce triangle et d'en déduire la distance cherchée. L'important, c'est que la base ne soit pas trop petite par rapport à cette distance : autrement l'opération échouerait, on n'obtiendrait aucune précision. L'astronome opère comme l'arpenteur. Sa base est

toute trouvée et elle doit sembler énorme, car c'est le diamètre du cercle que la Terre parcourt chaque année autour du Soleil, c'est-à-dire une ligne de 75 millions de lieues. Eh bien, les étoiles les plus voisines sont à une distance telle que cette base est ridiculement trop petite. C'est comme si un arpenteur prétendait mesurer, de Paris, la distance d'un clocher de Versailles au moyen d'une base de deux ou trois centimètres.

Les astronomes en sont pourtant venus à bout : ils ont trouvé que les étoiles les plus rapprochées de nous sont un million de fois plus loin que le Soleil (¹). Ainsi un boulet de canon tiré de la Terre sur le Soleil, et qui franchirait cette distance, avec sa vitesse initiale de 500^m par seconde, en neuf années et demie, ce boulet, dis-je, mettrait un million de fois plus de temps, c'est-à-dire 9500000 ans, pour atteindre la région des étoiles voisines.

Cette notion, désormais précisée, des distances qui séparent les étoiles les unes des autres dans ce vaste univers, est d'une importance capitale. Si vous regardiez le Soleil de cette distance-là, vous le verriez un million de fois plus petit : ce ne serait plus qu'un point lumineux sans dimensions appréciables et en tout semblable aux étoiles. Aussi les Pythagoriciens qui, seuls dans l'antiquité, avaient tâché de mesurer la distance et les vraies dimensions du Soleil par des procédés d'ailleurs très rationnels, soutenaient-ils que les étoiles sont des soleils comme le nôtre, vérité

(¹) Il y a une exception. D'après des mesures récentes, l'étoile α du Centaure serait trois fois moins éloignée de nous.

frappante qui a été pleinement démontrée de nos jours.

En revanche, si notre Soleil était transporté à la distance des étoiles, la chaleur qu'il nous enverrait serait, non pas un million, mais un million de millions de fois plus petite. Il en serait de même de son attraction. Telle est donc aussi l'attraction que les étoiles les plus voisines de nous exercent sur le monde solaire. Les astronomes sont bien fondés à négliger des forces pareilles; elles ne sauraient d'ailleurs modifier les mouvements intérieurs de notre monde, les seuls dont on s'occupe en Astronomie.

Cependant les physiciens n'accepteront pas, d'une manière absolue, cette indépendance mutuelle des mondes qui composent l'univers. La lumière des étoiles a beau être affaiblie dans l'énorme proportion qu'on vient d'indiquer, cela ne l'empêche pas d'agir sur les plaques sensibles d'un photographe : Sirius y ferait son image en moins d'un centième de seconde de temps. Et, bien que la chaleur des étoiles soit réduite par leur distance dans la même proportion, elle n'en contribue pas moins, avec celle du Soleil, à élever la température terrestre au-dessus du zéro absolu. De même les forces minimes que les mondes exercent les uns sur les autres doivent produire des effets sensibles dans le cours des âges, elles modifient à la longue les mouvements de translation dont ils sont tous animés. Enfin leur solidarité, évanouissante aujourd'hui pour l'astronome qui n'embrasse dans ses plus hardis calculs que des siècles ou des milliers d'années, a dû être plus marquée au commencement des choses : car enfin ces mondes n'ont pas été jetés

au hasard dans l'espace; tout nous y révèle un ensemble et une origine commune.

Un dernier mot pour donner quelque idée de l'étendue actuelle de l'univers, je veux dire de la portée de nos lunettes actuelles.

Depuis deux cents ans, les Astronomes ont pris l'habitude de classer les étoiles par ordre de grandeur ou plutôt d'éclat. Ils comptent :

20	étoiles	de	1re grandeur.
65	»		2e »
190	»		3e »
425	»		4e »
1100	»		5e »
3200	»		6e »

Au delà de la 6e grandeur les étoiles ne sont pas visibles à l'œil nu, mais avec des lunettes on va beaucoup plus loin. Au commencement de ce siècle on allait jusqu'à la 10e grandeur; aujourd'hui on va à la 16e. D'après certains dénombrements, le nombre des étoiles de chaque classe est à peu près le triple, ou mieux les $\frac{5}{2}$ de celui de la classe précédente. Si cette règle s'étendait jusqu'aux étoiles de 16e grandeur, le nombre des étoiles ou des soleils ainsi rendus perceptibles pour les grandes lunettes serait de 31 millions.

L'évaluation des grandeurs par les Astronomes étant un peu arbitraire, on s'est attaché récemment à mesurer par des appareils photométriques l'intensité lumineuse des étoiles de diverses classes. Il s'est trouvé que, d'une classe à la suivante, l'intensité décroît à peu près dans le rapport de 5 à 2. Cette progression décroissante a donc pour raison l'inverse

de celle de la progression croissante des nombres d'étoiles des divers ordres de grandeur. D'après cela, la lumière totale émise par toutes les étoiles d'une même classe est la même, quelle que soit la classe; la même, par conséquent, que la quantité de lumière émise par les 20 étoiles de 1re grandeur. Concluons-en que toutes les étoiles réunies ne nous enverraient pas plus de lumière que 20×16 ou 320 étoiles de 1re grandeur. Cette lumière est bien faible : la moindre parcelle du disque solaire en enverrait davantage; c'est ce qui explique la faiblesse de l'illumination produite, dans nos nuits, par la réunion de toutes les étoiles.

Voici maintenant la conséquence que je voulais tirer de ces calculs. Si l'on admet qu'en moyenne les étoiles sont à peu près de même grandeur, en sorte que leur diversité d'éclat tienne seulement à celle de leur distance, on aura, pour leurs distances respectives, les nombres suivants :

	Distance.
Étoiles de 1re grandeur.....	1
» 2e »	1,6
» 3e »	2,5
» 4e »	4
» 5e »	6
» 6e »	10
» 16e »	965

Ainsi les étoiles de 16e grandeur, limite actuelle du pouvoir de pénétration de nos lunettes, seraient 965 fois plus éloignées que celles de première. Le boulet de canon qui met neuf ans à aller de la Terre au Soleil, et neuf millions d'années à atteindre la région des étoiles les plus proches, en mettrait dix-huit

mille millions à aller d'un bout à l'autre de l'univers ; la lumière, qui parcourt 75 000 lieues par seconde et qui vient du Soleil à nous en huit minutes, y emploierait trente mille ans.

Ces notions dérivent, il est vrai, de suppositions peu exactes (1). Les étoiles ne sont pas toutes de dimensions égales ; elles n'ont pas même éclat intrinsèque et ne sont pas uniformément réparties dans l'espace. Néanmoins ces calculs servent à fixer les idées sur les dimensions de l'univers ; ils montrent avec quelle économie la matière y a été distribuée.

Mouvements propres des étoiles.

C'est une découverte des temps modernes. Elle avait été préparée de longue main par Hipparque qui a légué à ses successeurs un tableau complet du ciel étoilé, c'est-à-dire un catalogue d'un millier d'étoiles construit sur ses propres observations. Pline avait pressenti la portée de cette entreprise.

« Hipparque, dit-il, qu'on ne louera jamais assez, car personne plus que lui n'a fait sentir que l'homme a des affinités avec les astres et que nos âmes sont une partie du ciel, a observé une étoile nouvelle et née de son temps. Le jour où il la vit briller, les phénomènes qu'il y aperçut excitèrent des doutes dans son esprit ; il se demanda si cela n'arrivait pas d'autres fois, et si les étoiles que nous croyons fixes n'étaient pas changeantes et mobiles elles-mêmes. Alors il osa, chose audacieuse même pour un dieu, dresser pour la

(1) Quand il s'agit de l'univers, il ne faut pas s'attendre aux lois exactes, aux calculs rigoureux qui caractérisent l'étude de notre monde. L'Astronomie sidérale est et restera toujours dans l'enfance par rapport à l'Astronomie solaire, qui est parvenue de nos jours à un si haut degré de perfection.

postérité le catalogue des étoiles, et en faire, pour ainsi dire, l'appel nominal..... laissant à tous le ciel en héritage, s'il se trouvait quelqu'un capable de recueillir la succession (1). »

Il fallut bien du temps pour qu'on vît clair dans cet héritage. Ce fut Halley qui, en 1718, montra que les belles étoiles, Sirius, Aldébaran, Arcturus, Betelgeuse... s'étaient déplacées, depuis le temps des Alexandrins, de quantités parfaitement appréciables. Sirius par exemple s'était déplacé, depuis Hipparque, d'un diamètre $\frac{1}{3}$ de la Lune; Arcturus, de plus de deux fois ce diamètre, quantités bien supérieures aux erreurs d'observation qu'on pouvait craindre dix-huit siècles auparavant. Il avait donc fallu attendre dix-huit siècles pour qu'on reconnût ce grand et beau phénomène. Heureusement la découverte des lunettes, en augmentant la précision des observations d'une manière incroyable, permit de reconnaître ces déplacements de toutes les étoiles, non plus en quelques siècles, mais en quelques années, en sorte que l'univers apparaît aujourd'hui comme une fourmilière d'étoiles marchant lentement en tous sens.

Cette lenteur est relative à la distance énorme des étoiles. Grâce aux mesures de distances ou de parallaxes on estime maintenant la vitesse absolue de ces déplacements. Elle est énorme. Par exemple, Sirius, la plus belle étoile du ciel, mais non la plus proche, a un mouvement propre annuel de $1'',32$ et une parallaxe de $0'',37$; elle possède, d'après ces données, une vitesse de $16^{km},5$ par seconde ou de 33 fois celle d'un boulet de canon. Et encore cette vitesse est-elle

(1) Pline, Livre II, Chap. 24.

estimée perpendiculairement au rayon visuel. Dans le sens de ce rayon, on a pu dernièrement la déterminer grâce à la spectroscopie, et l'on a trouvé 32^{km} par seconde, cette étoile s'écartant de nous avec cette énorme vitesse.

Naturellement les étoiles moins brillantes et probablement plus éloignées ont en général des mouvements apparents moins sensibles. Mais ce qu'il faut noter c'est que ces mouvements, étudiés depuis un siècle, ne font pas connaître les orbites décrites par ces corps. On n'y peut voir que des petites lignes droites parcourues d'un mouvement uniforme; ce sont non les courbes elles-mêmes, si ces corps en décrivent effectivement, mais leurs éléments linéaires. Il faudra des siècles pour que quelques-unes de ces courbes se dessinent à nos yeux.

Toujours est-il que ces mouvements propres doivent compter dans la Cosmogonie de l'univers et même dans celle du système solaire, car nous allons voir que sous ce rapport le Soleil ne se distingue pas des étoiles.

A en juger par son diamètre apparent de $32'$ ou $1920''$, si le Soleil était reporté à la distance moyenne des étoiles de 1^{re} grandeur qui sont un million de fois plus éloignées, son diamètre serait vu sous un angle un million de fois plus petit, c'est-à-dire de $0'',001926$, tout à fait analogue aux dimensions qu'on peut assigner aux disques réels des étoiles, en sorte que pour l'éclat et la grandeur rien ne le distinguerait de ces astres.

L'analogie devient plus forte quand on considère les mouvements propres. Si le Soleil se déplace

comme les étoiles, son mouvement se décèlera dans ceux des étoiles en ce sens qu'il paraîtra imprimer à celles-ci, mais en sens contraire, son propre mouvement qui se combinera avec leurs déplacements effectifs pour paraître les dévier dans un certain sens. En supposant que ceux-ci soient dirigés indifféremment dans toutes les directions, on trouve, par le calcul, que le Soleil se meut vers la constellation d'Hercule, et M. Otto Struve, qui a essayé d'en déterminer la vitesse, a trouvé que le mouvement propre annuel du Soleil, vu de la distance des étoiles de 1re grandeur, serait de 1,7 rayon de l'orbite terrestre, c'est-à-dire de 8km par seconde, environ 15 fois la vitesse d'un boulet de canon.

Il ne faut pas oublier que cette vitesse entraîne avec le Soleil tous les corps du système solaire, les planètes avec leurs satellites, les comètes et même les étoiles filantes ainsi que les aérolithes dont on étudie aujourd'hui la constitution chimique et où l'on saisit des points de ressemblance intime avec les roches plus ou moins profondes de notre globe.

CLASSIFICATION DES MONDES.

Nous verrons tout à l'heure qu'il n'y a que deux types vraiment distincts, les nébuleuses et les étoiles. Néanmoins ces types se combinent de tant de façons diverses; il y a, dans les mondes qui en résultent, une telle variété, une telle profusion de formes, que nous aurions peine à nous y reconnaître si nous n'avions recours aux procédés de classification que les Naturalistes emploient pour décrire la multitude presque infinie des êtres vivants. Ils les rangent par embran-

chements, classes, ordres, familles, genres, espèces et variétés. Grâce à cet artifice, chaque règne, celui des végétaux ou celui des animaux, présente un tout harmonieux où la mémoire se retrouve, et où l'esprit parvient à discerner le plan de la nature.

C'est ainsi qu'en Histoire naturelle l'homme est défini : embranchement des Vertébrés, classe des Mammifères, ordre des Bimanes, genre *homo*, avec les variétés des races blanche, jaune, rouge et noire. J'ai tâché d'appliquer ces procédés à l'étude du ciel : on verra plus loin les conséquences qui résultent de cette classification.

Mondes de l'univers.

Embranchements.	Classes.	Ordres.	Genres et Variétés.
Nébuleuses	amorphes	diffuses.	En filaments reliant des étoiles éloignées.
		perforées.	
		à tentacules.	
	régulières	annulaires.	Étoiles nébuleuses.
		spiraloïdes.	
		planétiformes.	
Étoiles	isolées	blanches.	Étoiles variables.
		jaunes.	
		rouges.	
	Étoiles doubles.		
	amas	irréguliers.	Étoiles à catastrophes.
		spiraloïdes.	
		sphériques.	

Voie lactée, comprenant toutes les formations.

Le point capital ici, c'est la division des mondes en deux embranchements : les étoiles et les nébuleuses. Elle est facile à justifier.

Il y a des mondes dont l'astre central, étincelant

de lumière, est si petit, par rapport à l'énorme distance qui nous en sépare, qu'il ne nous apparaît à nous, observateurs terrestres, que comme un point brillant sans diamètre sensible. Ce sont les étoiles. Leur radiation est complète, c'est-à-dire que leur lumière, analysée à l'aide d'un prisme de verre, présente toute la gamme des couleurs depuis le rouge jusqu'à l'extrême violet : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet. Et cette radiation est d'une puissance extrême. On en donnera une idée en disant que chaque mètre carré de l'immense surface du Soleil (étoile centrale de notre petit monde) émet assez de chaleur pour faire indéfiniment marcher une machine à vapeur de *cent mille* chevaux.

Par contre, il y a des mondes, situés tout aussi loin de nous que les étoiles, qui nous apparaissent sous des dimensions considérables à cause de l'énormité de leur volume. Pourtant leur lumière est très faible, et on ne les voit pas à l'œil nu. Ce sont les nébuleuses. Leur radiation est tout autre ; analysée par le prisme, elle se réduit à quelques rares rayons d'une couleur particulière.

J'appelle l'attention sur cette distinction importante. Voici le spectre d'une étoile (*fig.* 6) ; vous le

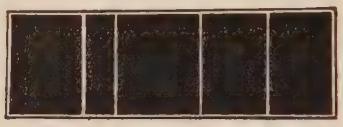
Fig. 6.

Spectre de Sirius.

voyez, il comprend toutes les couleurs de l'iris. Il est

sillonné de quelques fines raies noires. Voici, à côté, celui d'une nébuleuse (*fig.* 7); il se réduit à trois ou

Fig 7.



Spectre de la nébuleuse d'Orion.

quatre raies lumineuses : l'une dans le vert; les deux autres bleues. Il est facile de montrer, par une expérience frappante, ces deux genres de lumière et de découvrir la raison de leur différence. Prenons un appareil de fabrication de l'hydrogène pur. Ce gaz se dégage à l'intérieur d'un flacon et sort par un tube effilé. Nous l'allumons, et aussitôt vous le voyez brûler en produisant une flamme colorée et très peu éclairante, malgré sa haute température (1). Il en est de même de tous les gaz simples portés à l'incandescence. Leur lumière est très faible; si vous regardiez

(1) La flamme du gaz d'éclairage, au contraire, est très brillante; cela tient à ce que l'hydrogène de ce gaz est combiné à une substance primitivement solide, le carbone, qui se dégage, dans l'acte d'une combustion incomplète, sous forme de poussière impalpable (le noir de fumée). La haute température à laquelle il est porté le rend incandescent à la manière des solides, et c'est lui qui donne à la flamme son pouvoir éclairant. Mais si, par un moyen quelconque, on amène dans cette flamme brillante un excès d'oxygène, le carbone brûle en même temps que l'hydrogène; alors, le produit de cette combustion étant gazeux lui-même (gaz acide carbonique), la flamme cesse d'être éclairante et donne un spectre formé de quelques raies brillantes.

Il se peut donc que les nébuleuses contiennent, outre des gaz parfaits, d'autres substances solides mais susceptibles de devenir gazeuses en se combinant, comme le carbone, avec ces mêmes gaz à la faveur de la température qui s'y développe. Mais ici l'analyse spectrale opère sur des lumières trop faibles pour qu'il soit possible d'aller jusqu'à ces détails.

celle-ci à travers une fente étroite munie d'un prisme, vous verriez que son spectre se réduit à quatre traits lumineux : l'un, rouge; le second, vert; les deux autres, bleu et violet. Ainsi les nébuleuses sont formées de gaz portés à l'incandescence; on y a reconnu la présence certaine de l'hydrogène.

Mais si dans cette même flamme pâle vous introduisez une poussière solide, capable de résister à sa haute température sans se volatiliser, un peu de poudre de magnésium, par exemple, qui, en brûlant, produit un nuage de magnésie réfractaire, vous voyez aussitôt apparaître une lumière éblouissante: et si vous l'analysez au moyen d'un prisme, vous constaterez qu'elle donne toutes les couleurs de l'iris: qu'elle est complète, en un mot, comme celle d'une étoile, et plus complète encore, car son spectre ne présente pas une foule de raies noires.

Toute la différence de nos deux embranchements est là. Le second, celui des formations stellaires, a une constitution chimique très variée et contient, outre les substances gazeuses que la moindre chaleur suffit à maintenir à l'état de fluidité parfaite, d'autres substances susceptibles de devenir solides et de résister à de hautes températures. Le premier, celui des nébuleuses, ne contient que des matériaux purement gazeux et non susceptibles de prendre la forme solide.

Chose étonnante et admirable, tous ces grands amas de matière à l'état d'étoiles ou de nébuleuses sont incandescents : les uns avec un vif éclat, les autres avec une pâle lumière presque monochromatique. D'où vient cette incandescence, cet universel

incendie? C'est là la grande question devant laquelle les siècles précédents se sont tus et que le nôtre a résolue.

Une force règne dans les espaces, l'attraction, qui sollicite les matériaux de chaque amas vers son centre, et y accomplit un travail de condensation. Or, dans ce travail, il y a perte d'énergie. Perte apparente seulement, car l'énergie, au fond, ne se perd pas plus que la matière. Comme une sorte de Protée, elle se retrouve sous une autre forme, celle de l'électricité.

Ici il faut distinguer deux cas : ou bien un physicien se présentera pour procurer à ces deux électricités de noms contraires, l'une positive, l'autre négative, des conducteurs séparés ; et alors ce physicien pourra les faire travailler à sa guise, sous forme d'électricité statique ou de courants, de magnétisme, etc. ; et vous assisterez à ces merveilles de notre siècle où l'homme intervient dans le jeu naturel des forces de la nature pour les dévier de mille façons à son profit.

Ou bien, et c'est le cas général, celui qui se présente partout dans l'univers, ces deux électricités se neutraliseront aussitôt avec production de chaleur et de lumière. C'est comme si l'on disait que la chaleur n'est rien de plus que de l'électricité neutre, avec ce caractère frappant que, si les deux électricités opposées ne se meuvent que dans des conducteurs matériels, l'électricité neutre a la propriété de se mouvoir hors de toute matière pondérable, et de se disperser dans l'espace infini avec une vitesse de 75000 lieues par seconde.

Ainsi tout le travail accompli dans le sein de ces

innombrables amas de matériaux produit leur condensation progressive et, en même temps, élève leur température au point de les rendre incandescents. Les grands corps de l'univers sont chauds et lumineux parce que ce travail de condensation, qui date de leur origine, se continue sous nos yeux. L'amas est-il uniquement formé de matériaux gazeux, la chaleur engendrée ne donne lieu qu'à un faible rayonnement ; la déperdition de l'énergie est d'une lenteur extrême ; la condensation progresse à peine.

L'amas est-il riche en éléments chimiques susceptibles de prendre la forme solide par le refroidissement, la chaleur engendrée est rayonnée avec abondance en tous sens ; la condensation progresse rapidement et finit par réunir tous les matériaux en un globe radieux. C'est une étoile. A l'intérieur règne une température énorme ; mais, à la surface, cette température baisse ; il s'y forme une couche de nuages incandescents, une photosphère dont les molécules solides rayonnent abondamment la lumière et la chaleur. A ce compte, les étoiles, autant vaut dire les soleils, marchent bien plus rapidement vers l'extinction définitive : lorsque les millions d'étoiles auront disparu, les milliers de nébuleuses luiront encore au ciel comme les pâles flambeaux funéraires de l'univers éteint.

EMBRANCHEMENT DES NÉBULEUSES.

Elles se divisent en deux classes : 1° nébuleuses amorphes ; 2° nébuleuses régulières. Nous en commencerons la description par la première classe.

1re CLASSE. — *Nébuleuses amorphes.*

En voici un type magnifique, la nébuleuse d'Orion (*fig.* 8). Elle se trouve un peu au-dessous de

Fig. 8.

Nébuleuse d'Orion.

ces trois belles étoiles qu'on appelle le Baudrier

d'Orion, et que l'on voit briller au ciel, chaque soir, pendant l'hiver, dans cette belle constellation. Un habile observateur anglais, M. Common, a réussi à la photographier malgré la faiblesse de sa lumière. Il lui a fallu trente-six minutes de pose, tandis qu'il suffit d'un centième de seconde pour avoir la photographie d'une étoile de première grandeur. Vous le voyez, c'est une sorte de lumière diffusée sur un vaste espace. Si vous laissez de côté les régions où cette lueur va se perdre vaguement dans le noir du ciel, si vous ne considérez que la partie la plus brillante, vous trouverez qu'elle occupe sur le ciel une étendue comparable à celle du disque du Soleil, d'environ 25′ de diamètre. En admettant qu'elle soit placée à la distance des étoiles les plus voisines, sa surface doit être 640 000 millions de fois plus grande que celle du Soleil. Ce n'est pourtant qu'un amas gazeux composé en grande partie d'azote et d'hydrogène. Du moins son spectre (*fig.* 7, p. 186) ne donne-t-il que quatre raies lumineuses, l'une verte, qui répond à une raie connue du premier gaz; les deux autres, bleu verdâtre, qui appartiennent au second (¹).

On a cru longtemps, avant l'application de l'analyse spectrale, que les nébuleuses nous présentaient l'état primitif de mondes en voie de formation, à leur début pour ainsi dire, et qu'elles devaient aboutir, en se condensant peu à peu, à des formations stellaires, à des mondes comme le nôtre, c'est-à-dire à un Soleil

(¹) Il n'est pas toujours facile d'interpréter correctement les indications de l'analyse spectrale lorsqu'il s'agit de corps si peu lumineux. Ainsi il n'est pas démontré que la première raie est bien celle de l'azote, tandis que deux des trois autres appartiennent certainement à l'hydrogène.

central accompagné d'un cortège de planètes. Il faut renoncer à cette analogie, car il manque à ces nébuleuses une chose essentielle, à savoir une constitution chimique variée, des éléments susceptibles de revêtir la forme solide. Sans doute notre monde, comme tous les autres, a dû commencer par un amas de matériaux disséminés sur un vaste espace; mais ces matériaux comprenaient une grande variété d'éléments chimiques qui manquent aux nébuleuses proprement dites. Vous voyez bien, çà et là, dans cette belle nébuleuse d'Orion, des traces évidentes de concentration locale ; mais l'analyse spectrale n'y décèle que des gaz. Gazeuse elle est, et gazeuse elle restera bien certainement, à moins que des matériaux tout différents ne lui viennent de quelque autre région de l'espace.

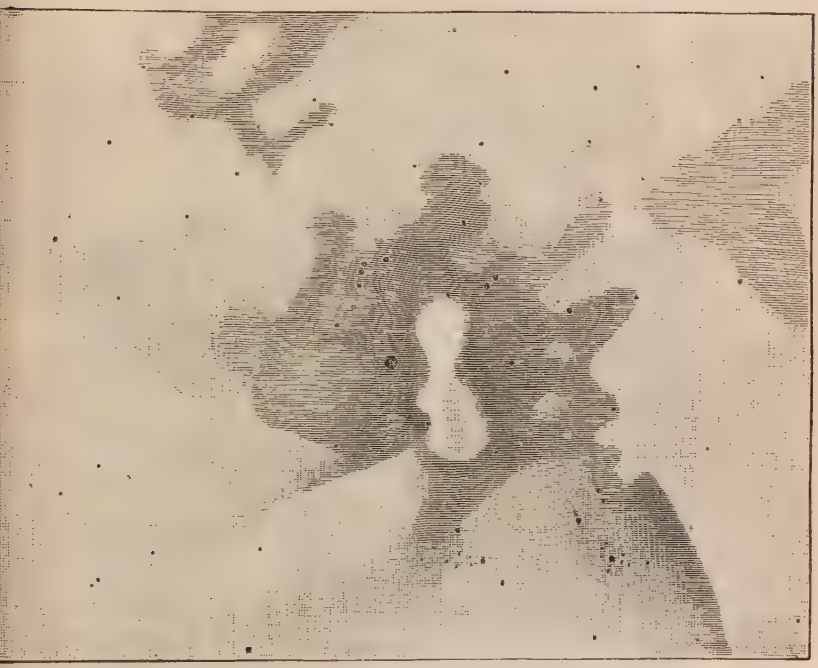
La première classe comprend encore les nébuleuses perforées comme celle du navire Argo (*fig.* 9). On dirait une masse visqueuse qui se serait rétractée sur elle-même, laissant un grand trou ovale, vide de toute matière ; celle-ci semble s'être ramassée sur le bord de cet orifice.

Dans le Sagittaire on trouve une autre nébuleuse non plus perforée, mais déchirée en plusieurs lambeaux séparés par des fossés obscurs.

Enfin un dernier type assez curieux nous est offert par la nébuleuse n° 19 du catalogue de Messier, où Sir J. Herschel a cru trouver une vague ressemblance avec la lettre grecque Ω. Elle envoie au loin, comme la nébuleuse d'Orion, de longs prolongements faiblement lumineux qu'on pourrait assimiler à des tentacules.

Tous ces détails ne sont pas médiocrement embarrassants lorsqu'on cherche à se figurer l'état de la

Fig. 9.



Nébuleuse d'Argo (1).

matière qui forme ces immenses amas et les forces qui l'animent. Sans doute ces masses diffuses sont mues en sens divers; elles tendent, ici, à se décomposer en amas plus restreints ; là, au contraire, à se condenser autour de plusieurs centres, de manière à

(1) Cette figure, qui n'est pas faite sur fond noir, représente une sorte de négatif de la nébuleuse où les parties les plus foncées répondent aux parties les plus brillantes sur le ciel.

donner lieu finalement à des formations d'aspect plus régulier.

2e CLASSE. — *Nébuleuses régulières.*

Cette classe se divise en plusieurs ordres, comprenant : les nébuleuses en forme de fuseau, dont voici un type, la belle nébuleuse d'Andromède (*fig.* 10) ; les

Fig. 10.

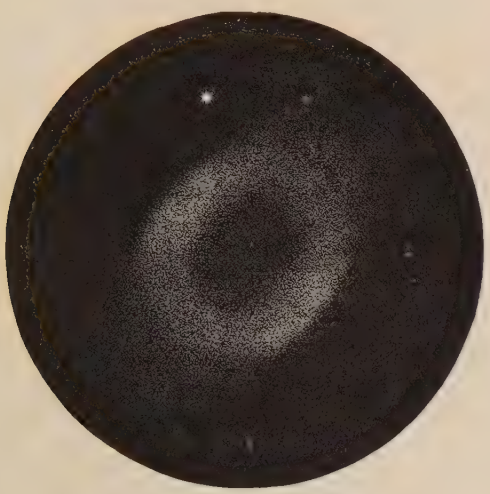
Nébuleuse d'Andromède.

nébuleuses annulaires comme celle de la Lyre (*fig.* 11) qui rappelle, par sa forme régulière, les anneaux de Saturne ; enfin les nébuleuses planétiformes dont nous parlerons tout à l'heure.

Celle d'Andromède ne devrait pas, à la rigueur, figurer parmi les nébuleuses. Par son spectre elle en diffère totalement. Ce spectre est continu comme

celui des amas d'étoiles; cependant on n'a jamais pu la résoudre en points stellaires, malgré la puissance des télescopes employés à cette étude.

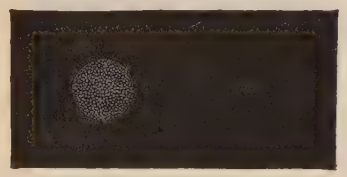
Fig. 11.



Nébuleuse de la Lyre.

Les nébuleuses planétaires présentent un disque circulaire presque aussi net que celui d'une planète

Fig. 12.



Nébuleuse planétaire.

vue avec un fort grossissement (*fig.* 12). Leur faible éclat est uniforme, légèrement coloré en vert bleu.

La lumière, analysée au spectroscope, ne donne que deux ou trois raies colorées comme celles de toutes les autres nébuleuses. Leur diamètre angulaire va à 12″ ou 14″, d'après Herschel qui les a signalées. En les supposant placées à la distance des étoiles de première grandeur, distance à laquelle le diamètre du Soleil se réduirait pour nous à deux millièmes de seconde, elles seraient linéairement six ou sept mille fois plus grandes que ce dernier astre ; le système solaire tout entier, y compris Neptune, s'y trouverait à l'aise.

Il y en a de beaucoup plus petites, de 3″ ou 4″ de diamètre (*fig.* 12), qu'on prendrait facilement pour des étoiles ; seulement, comme ces étoiles-là auraient un spectre de nébuleuse, on ne saurait les confondre avec des étoiles véritables dont le spectre est toujours continu, sauf quelques raies noires d'une extrême finesse.

Quant aux variétés, la seule véritablement intéressante est celle des *étoiles nébuleuses* (*fig.* 13). Elles

Fig. 13.

Étoile nébuleuse.

sont mal nommées : il n'y a pas là d'étoile proprement dite, à spectre continu, mais une simple condensation gazeuse au centre d'une nébuleuse planétaire à contours plus ou moins nets.

EMBRANCHEMENT DES FORMATIONS STELLAIRES.

Celui-là est bien plus nombreux que le précédent. Il contient plus de millions de mondes que l'autre n'en contient de milliers. On croit connaître fort bien les étoiles, et pourtant pas un astronome ne peut se vanter d'en avoir vu la figure véritable. L'espèce de rayonnement qui les entoure quand on les regarde à

Fig. 14.

Images d'étoiles vues à l'œil nu.

l'œil nu, et que les graveurs reproduisent tant bien que mal sur les cartes célestes par des pointes divergentes (*fig.* 14), n'a rien de réel : ce sont des appen-

dices parasites dus aux humeurs de l'œil. Dans les bonnes lunettes elles apparaissent sous forme d'une très petite masse lumineuse entourée de quelques cercles alternativement brillants et obscurs (*fig.* 15).

Fig. 15.

Images d'étoiles vues dans un télescope.

Ces images ne sont pas davantage réelles; elles sont dues à un phénomène de diffraction compliqué des imperfections optiques de l'objectif de la lunette. En réalité, ce sont des points ayant un millième ou un dix-millième de seconde de diamètre, et moins encore, mais doués de l'éclat le plus vif. Voici une belle photographie prise à l'Observatoire, par les frères Henry, dans la région de Persée (*fig.* 16). Vous voyez que, malgré la perfection de cette image, les étoiles y ont un diamètre sensible, même les plus petites. C'est ce que les astronomes appellent les *disques factices* des étoiles. Si nous n'étions pas bien convaincus que le Soleil est une étoile comme les autres, et même une étoile fort ordinaire, nous ne saurions nous faire une idée quelconque de ces astres que leur immense éloignement réduit pour nous à de simples points. Mais le Soleil, centre de notre petit monde, est à notre portée; nous l'étudierons à fond dans le Chapitre suivant, et nous étendrons aux autres étoiles ce que nous saurons de celle-ci.

Cet embranchement comprend trois classes : celle

Fig. 16.

Amas de Persée.

des étoiles isolées, celle des étoiles doubles ou triples, celle des étoiles en amas.

1re CLASSE. — *Étoiles isolées.*

Nous adopterons ici la classification du P. Secchi, basée sur la nature des spectres. Cette classe se sub-

divise en trois ordres : les étoiles blanches, les jaunes et les rougeâtres.

1er ordre : *Étoiles blanches.*

Voici le spectre d'une étoile blanche, de Sirius, la plus brillante de toutes (*fig.* 17). C'est un spectre continu, sillonné de quelques minces raies noires. On y remarque la grande extension de la région bleue et violette, indice de la haute température de sa surface lumineuse, autrement dit de sa photosphère. Les raies noires, dues à de minces couches de vapeurs de fer, de magnésium, etc., y sont si faibles qu'on a peine à les distinguer. En revanche, les quatre raies de l'hydrogène sont très marquées. Ce sont les raies C dans le rouge, F dans le vert bleuâtre, V et W dans le bleu et le violet. Dans cet ordre, qui comprend 60 pour 100 du nombre total des étoiles, on en compte beaucoup de belles, telles que α de la Lyre, α de l'Aigle, et des étoiles bien moins brillantes, telles que χ du Taureau, 75 de Pégase, cette dernière à la limite de la visibilité à l'œil nu.

2e ordre : *Étoiles jaunes.*

Telles sont le Soleil, Aldébaran, α du Bouvier, 70 d'Ophiuchus, etc. Leur spectre est caractérisé par une foule de raies noires très marquées appartenant aux vapeurs de nos divers métaux (*fig.* 18). On y reconnaît, avec la plus entière certitude, le fer, le calcium, le manganèse, le nickel, le magnésium, le cobalt, le chrome, le sodium, etc., c'est-à-dire des éléments chimiques très répandus autour de nous sur

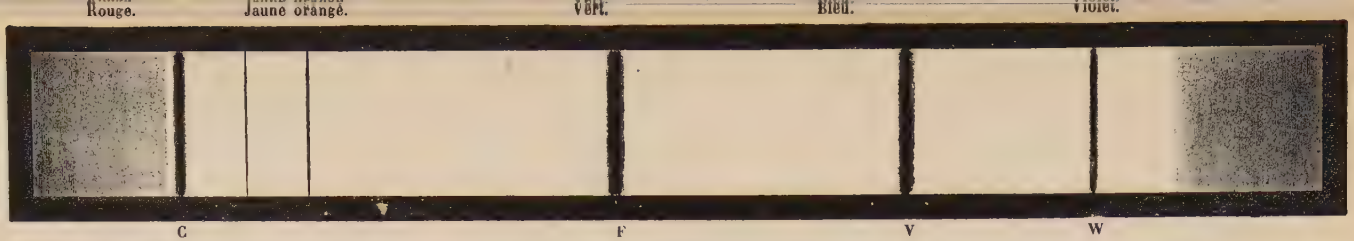


Fig. 17. — Spectre de Sirius.

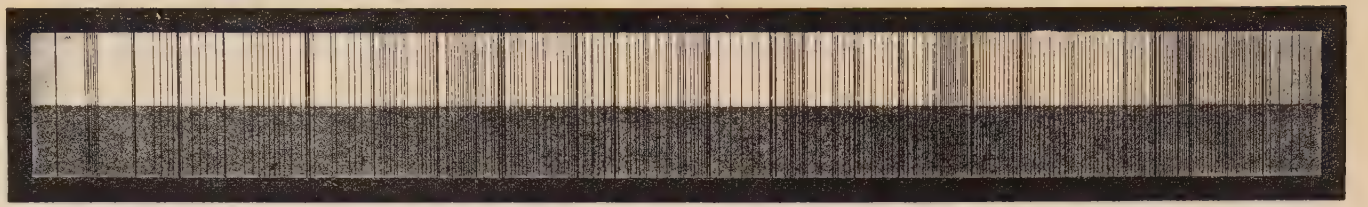


Fig. 18. — Spectre du Soleil.

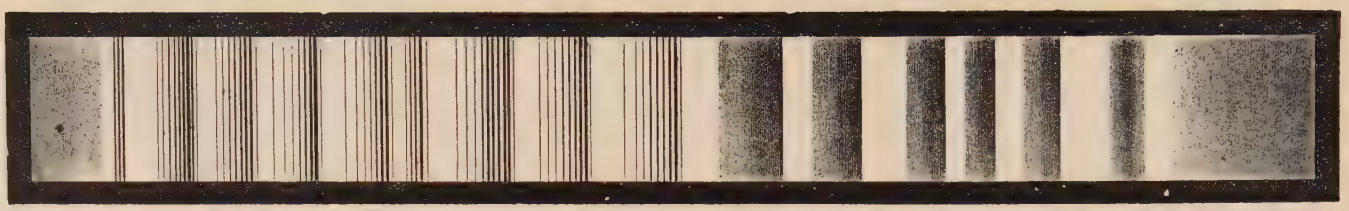


Fig. 19. — Spectre de α d'Hercule.

la Terre. Mais la partie la plus réfrangible, le bleu et le violet, est moins intense que dans la lumière des étoiles blanches, ce qui explique leur coloration jaunâtre. Les raies de l'hydrogène subsistent encore, mais moins marquées.

Cet hydrogène libre forme autour de ces étoiles une enveloppe plus ou moins mince, semblable à la chromosphère de notre Soleil (p. 232). Il donne lieu à un bien singulier phénomène de circulation verticale que plusieurs astronomes attribuent, à tort, à des éruptions parties de la masse interne de l'astre.

Les étoiles jaunes sont moins nombreuses que les blanches ; elles forment 35 pour 100 du total.

3e ordre : *Étoiles rougeâtres.*

Telles sont α d'Hercule, T du Bélier, R du Lion, U de la Vierge, α d'Orion, etc. La région bleue et violette du spectre est particulièrement faible ; les raies de l'hydrogène manquent généralement ; enfin ce spectre présente, à côté des raies ordinaires, des bandes d'absorption qui lui donnent un aspect cannelé.

Évidemment ces trois types d'étoiles répondent à des phases de plus en plus avancées de refroidissement. L'hydrogène est libre dans les deux premiers ordres ; dans le troisième, il disparaît, engagé qu'il est dans certaines combinaisons. Nous verrons plus loin que presque toutes les étoiles variables appartiennent à ce troisième ordre ; or cette variabilité d'éclat semble bien présager une extinction prochaine. La proportion des étoiles rougeâtres est d'environ 5 pour 100.

Voyez jusqu'où le spectroscope nous permet d'atteindre. Voilà qu'il nous révèle l'intime constitution chimique des étoiles et qu'il pose une grande loi de la nature, à savoir l'identité des matériaux de l'univers et de ceux qui constituent notre globe. Nous retrouvons partout dans l'univers, non seulement notre Mécanique et notre Physique terrestres, mais les mêmes éléments, les mêmes combinaisons, en un mot, la Chimie terrestre elle-même.

2e CLASSE. — *Étoiles doubles.*

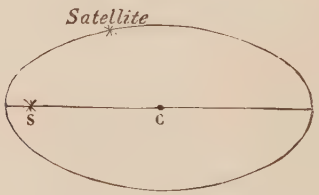
Jusqu'ici nous n'avons vu que des étoiles isolées. Si l'on veut leur attribuer des planètes très petites et obscures comme celles de notre système, on le peut : ces planètes devant rester toujours invisibles, l'imagination a libre carrière. Mais voici des mondes qui, en dehors de toute supposition gratuite, sont beaucoup plus semblables au nôtre. Les étoiles doubles ou triples sont des soleils dont une ou deux planètes, restées incandescentes à cause de la grandeur de leur masse, sont encore visibles pour nous. La question se pose donc de savoir si les mouvements de ces mondes sont régis par les mêmes lois, si l'attraction agit là de la même manière que dans le système solaire.

Pour résoudre cette grave question, les astronomes se sont astreints à observer ces systèmes avec le plus grand soin, d'année en année, de manière à fournir au calcul les éléments nécessaires. On a trouvé ainsi que l'étoile compagnon ou satellite se meut autour de l'étoile principale dans une trajectoire elliptique.

Savary, le premier, a fait voir que, si l'étoile principale ne paraît pas être au foyer de cette ellipse, c'est que cette courbe tracée sur la voûte céleste n'est que la projection de la trajectoire véritable. En déterminant par le calcul les éléments de celle-ci, d'après les lois de l'attraction newtonienne, il a montré qu'on représente les observations avec toute la précision qu'elles comportent. Ainsi l'attraction n'est pas seulement la loi de notre monde, elle est celle de tous les mondes de l'univers.

Il y a plus : ces systèmes éloignés, si semblables au monde solaire, doivent avoir même origine et même mode de formation. Mais ils en diffèrent, dans le détail, par une circonstance qui, sans avoir d'intérêt au point de vue de la Mécanique ou de la Physique, en a un énorme à celui des êtres vivants. Ce détail, le voici : les orbites de ces systèmes sont toutes excentriques ; celles de notre monde sont presque exactement circulaires. Voici, pour donner une idée de cette différence, l'orbite décrite par le compagnon de γ de la Vierge autour de son soleil (*fig.* 20), et voici celle

Fig. 20.

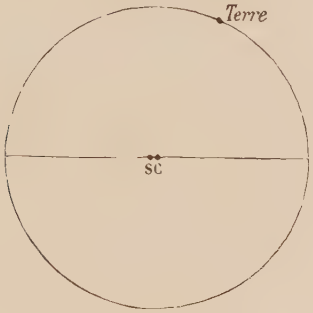


Orbite de γ de la Vierge.

d'un compagnon de notre Soleil, la Terre (*fig.* 21). Dans la première, la chaleur envoyée au satellite,

supposé éteint, varie dans le rapport de 1 à 360, à chaque révolution. Dans la deuxième, elle varie dans

Fig. 21.



Orbite de la Terre.

le rapport de 1 à 1,07; on la dirait calculée pour y permettre le développement de la vie des êtres les plus délicats et les plus parfaits.

Je viens de supposer que l'une des composantes du monde binaire de γ de la Vierge s'éteindrait avant l'autre. C'est chose parfaitement admissible pour un grand nombre d'étoiles doubles dans lesquelles les deux composantes sont d'éclat très inégal. Mais ce n'est pas ici le cas; les deux étoiles de γ de la Vierge sont égales et blanches; toutes deux appartiennent au premier type. Elles ne s'éteindront donc pas de longtemps et elles s'éteindront ensemble. Mais, en général, l'étoile satellite est d'un type inférieur à celui de l'étoile principale. Aussi leurs couleurs sont-elles différentes, bleue et jaune, jaune et rouge, verte et rouge, de sorte que, si ces mondes avaient des planètes et ces planètes des habitants, ceux-ci, éclairés successivement par des soleils de couleur différente,

n'auraient pas de nuit comme nous, mais des jours alternativement blancs et jaunes, ou jaunes et rouges, ou rouges et verts, etc.

3e CLASSE. — *Amas stellaires.*

Rien de plus frappant que la tendance des étoiles, des plus faibles surtout, à s'accumuler en certaines régions de manière à confondre leur éclat dans une sorte de nébulosité où il est impossible de les distinguer l'une de l'autre à l'œil nu. La *Voie lactée,* cette vaste zone lumineuse qui fait le tour entier du ciel, est elle-même un amas d'étoiles, et ce fait est une des premières découvertes dont l'Astronomie ait été redevable aux lunettes.

Beaucoup de ces amas sont tellement pressés qu'il faut recourir aux plus forts grossissements pour les résoudre en étoiles. Et, comme ils ressemblent à des nuages faiblement lumineux, on les désigne souvent, mais à tort, sous le nom de *nébuleuses.* Longtemps on a agité la question de savoir si toutes les nébuleuses ne consisteraient pas en étoiles et si, en recourant à des télescopes de plus en plus puissants, on ne parviendrait pas à les résoudre en points séparés. L'analyse spectrale, entre les mains de M. Huggins, a tranché la question en montrant qu'il y a des nébuleuses véritables, des nuages contenant des matériaux gazeux portés à l'incandescence, qu'aucun pouvoir optique ne saurait ramener à des points stellaires. Celles-ci constituent donc, comme nous l'avons vu, un embranchement bien caractérisé.

1er ordre : *Amas irréguliers.*

Les amas d'étoiles nommés les *Pléiades,* les *Hyades,* la *Crèche,* la *Chevelure de Bérénice,* sont des amas irréguliers. Nous donnons plus haut, comme spécimen (p. 199), un des amas de Persée, photographié par les frères Henry, à l'Observatoire (1).

Ces soleils sont évidemment sous la dépendance de leurs attractions mutuelles, mais leurs mouvements relatifs doivent être d'une lenteur extrême. Ils n'ont guère été étudiés, et d'ailleurs, quand on considère que le problème des mouvements de trois corps n'est accessible à l'analyse que dans des cas extrêmement particuliers, on perd tout espoir d'aborder jamais des problèmes où interviennent des centaines ou des milliers de centres d'attraction.

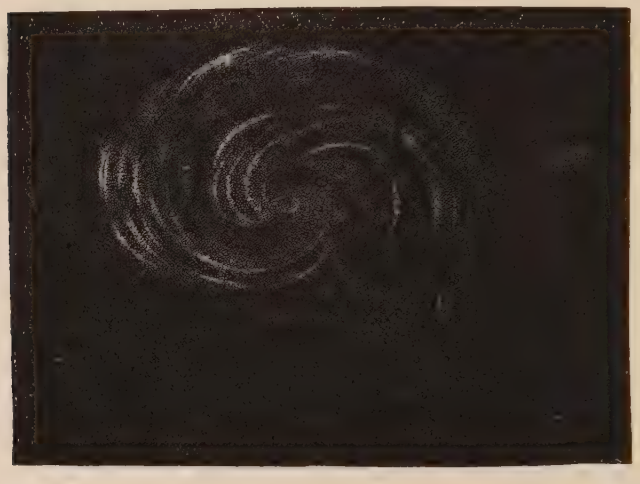
2e ordre : *Amas d'étoiles en spirales.*

En voici un exemplaire : celui des Chiens de chasse (*fig.* 22). Si, comme nous l'avons indiqué plus haut, les vastes amas de matériaux diffus qui ont donné naissance à ces myriades de mondes étaient, à l'origine, parcourus par des courants divers, il a dû

(1) Les appareils photographiques construits par ces habiles observateurs ouvrent à l'Astronomie une voie toute nouvelle. Les plus faibles étoiles se trouvent reproduites avec une rare perfection, même celles dont la lumière serait trop faible pour affecter l'œil de l'observateur. Aucune erreur, aucune négligence n'est possible, et, si l'un de ces astres se trouvait être une planète encore inconnue, sa nature se révélerait immédiatement, car son mouvement s'enregistrerait de lui-même sur la plaque sensible.

s'y former çà et là des mouvements tourbillonnaires comme ceux de Descartes, et ceux-ci se présenteront

Fig. 22.



Amas en spirale.

précisément sous forme de spirales convergeant vers un centre. Cette structure si frappante nous a été révélée par le télescope géant de Lord Rosse. Mais ici ce ne sont pas des poussières impalpables qui se trouvent engagées dans les spires de ces tourbillons : ce sont des soleils.

3e ordre : *Amas réguliers d'étoiles.*

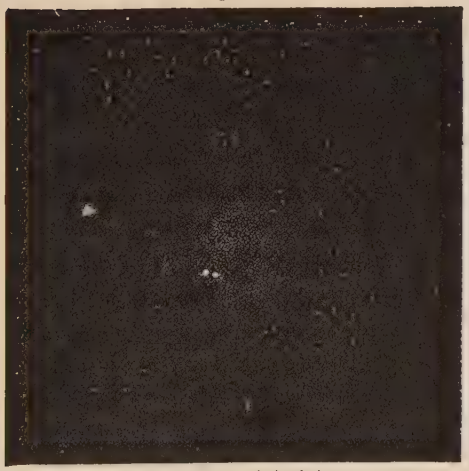
Bornons-nous à citer les amas globulaires qui se trouvent dans les constellations d'Hercule et des Chiens de chasse (*fig.* 23 et 24). Il serait impossible de compter exactement le nombre des étoiles qui se trouvent agglomérées ainsi sur une surface huit ou

dix fois plus petite que celle du disque de la Lune.

Fig. 23.

Amas globulaire.

Fig. 24.



Autre amas globulaire.

On l'évalue à plusieurs milliers. Tous ces soleils ont

à peu près le même éclat et sont bien plus pressés vers le centre qu'au bord. Cette dernière circonstance donne à croire que ces milliers de soleils sont répartis uniformément à l'intérieur d'une sorte de sphère. S'il en était ainsi, la force centrale exercée par l'amas entier sur chacun d'eux serait proportionnelle à la distance au centre ; et Sir J. Herschel a fait remarquer que, dans ce cas, chaque étoile décrivant un cercle ou une ellipse concentrique à l'amas, le système pourrait posséder une stabilité tout aussi parfaite que notre monde solaire où la force centrale suit une tout autre loi (1).

GENRES ET VARIÉTÉS.

La 1re classe, celle des étoiles isolées, se subdivise très probablement en genres divers. On conçoit des mondes qui ont concentré en un seul globe toute la matière dont ils ont été formés ; d'autres où cette concentration a pu laisser, en dehors du Soleil central, certains matériaux obscurs qui circulent autour de lui dans des orbites elliptiques.

Si l'un de ces corps, en circulant autour de son soleil, venait à passer juste entre lui et nous, dans la direction de notre rayon visuel, il en résulterait chaque fois une occultation partielle de ce soleil ; son éclat faiblirait un moment, pour se raviver aussitôt

(1) Ceci n'est pas en contradiction avec l'universalité de la loi d'attraction : dans ces amas globulaires où la force centrale croît avec la distance au centre, les molécules et même les étoiles composantes s'attirent, comme partout dans l'univers, en raison inverse du carré de la distance.

l'éclipse finie. Il paraît que l'étoile variable Algol est dans ce cas.

Mais il faut que le satellite éteint qui produit l'éclipse partielle soit de bien grandes dimensions et que le plan de son orbite passe exactement par notre œil. C'est donc là un cas infiniment particulier.

Genre des variables.

Les autres étoiles variables constituent un genre tout différent. Leur lumière subit en effet des variations périodiques considérables qu'on ne saurait attribuer à l'interposition momentanée de satellites obscurs. Je citerai comme exemple o de la Baleine, qui tantôt brille comme une étoile de 2^{e} grandeur, tantôt devient complètement invisible à l'œil nu. La durée de sa période est de onze mois. Toutes ces étoiles appartiennent au 3^{e} type, celui des étoiles rougeâtres, dont le spectre indique une basse température. Ces astres étant près de leur fin, il n'est pas étonnant que leur lumière affaiblie subisse des alternatives de recrudescence momentanée, comme une lampe qui va s'éteindre. Notre Soleil lui-même, bien qu'appartenant à un type plus élevé (le 2^{e}), présente déjà de légères fluctuations de ce genre dont la période est de onze ans.

Étoiles à catastrophes.

En 1572, en 1606, en 1866, en 1876 et plusieurs fois dans les années qui suivent, on a vu apparaître presque subitement des étoiles très brillantes dont l'éclat a diminué ensuite peu à peu, et qui ont fini par disparaître au bout de quelques mois, du moins pour

les faibles lunettes. L'un des cas les plus frappants et les mieux observés est celui de 1866. M. Courbebaisse, ingénieur des ponts et chaussées, vit un soir (13 mai) briller dans la Couronne boréale une belle étoile qu'il n'avait pas remarquée les jours précédents. Cette étoile s'éteignit peu à peu ; un mois après son apparition subite, elle était absolument invisible à l'œil nu. Ce n'était pas une formation nouvelle, car elle avait été cataloguée quelques années auparavant comme une très petite étoile de 9^{e} grandeur, et c'est à cette grandeur-là qu'elle est retombée après sa catastrophe. M. Huggins, qui en a analysé la lumière, découvrit dans son spectre les raies de l'hydrogène, non pas noires, mais lumineuses et brillant de leurs couleurs respectives. Il fut ainsi conduit à penser que l'événement était dû à une éruption violente de ce gaz lancé de la masse intérieure de l'étoile. Cette idée devait se présenter, en effet, aux astronomes qui admettent que les flammes d'hydrogène dont le Soleil est fréquemment entouré sont dues à des éruptions. Il suffisait ici d'une éruption plus violente et partie de profondeurs encore plus grandes. Mais l'étude attentive du Soleil va nous apprendre que ces flammes hydrogénées tiennent à une simple circulation fort régulière, et non à des éruptions volcaniques. Il faut donc chercher ailleurs la raison de cette mémorable catastrophe. Pour moi, je pense qu'il s'agit là d'un de ces phénomènes qui peuvent se produire pendant la phase d'extinction définitive. Cette phase est caractérisée par un commencement d'encroûtement de la photosphère, lorsque les courants intérieurs qui doivent l'alimenter sont déjà gênés et ralentis par la

condensation progressive de la masse interne. Il se forme alors une sorte de croûte qui, si elle se solidifiait entièrement, supprimerait bientôt toute radiation. Mais cette croûte, d'abord très mince, peut très bien s'effondrer en partie ou en totalité, plonger par fragments dans l'intérieur et faire remonter brusquement à la surface des matériaux appartenant aux couches profondes et possédant encore une très haute température. L'hydrogène, entré depuis longtemps dans des combinaisons chimiques à la surface de l'astre, a été dissocié et s'est révélé par ses raies propres. Mais, après la catastrophe, le refroidissement régulier aura repris son cours, la photosphère se sera encroûtée de nouveau, de manière à intercepter presque complètement l'afflux de la chaleur interne. C'est ce qui a pu arriver plusieurs fois à notre propre globe, à l'époque où la croûte superficielle commençait à se former.

VOIE LACTÉE.

Tels sont les principaux spécimens des mondes qui peuplent l'univers visible. Ajoutons que ces mondes innombrables, nébuleuses, étoiles isolées, étoiles doubles ou triples, etc., ne restent pas en place. Ils se meuvent en divers sens avec des vitesses bien supérieures à celle d'un boulet de canon, et parcourent l'espace qui leur est départi sans avoir à redouter de rencontre fâcheuse, tant l'espace est grand vis-à-vis de leurs dimensions.

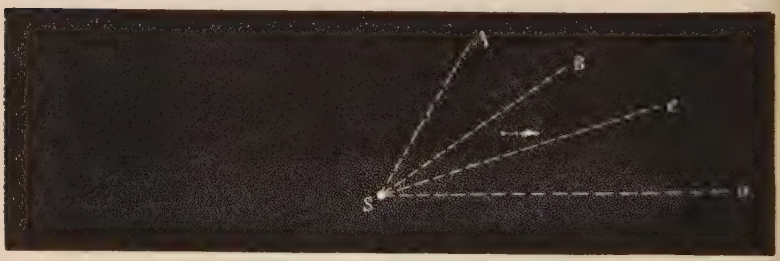
Pour compléter ce Tableau, il convient d'examiner si, dans la distribution de ces mondes, il n'y aurait

pas un arrangement qui indiquerait l'existence d'un plan général de l'univers, et si, comme l'ont pensé Wright, Kant, Lambert et Herschel, l'univers ne formerait pas lui-même un monde d'ordre supérieur, retenant les mondes secondaires autour de son centre par les liens d'une attraction mutuelle.

Cette idée paraît être conforme, au premier coup d'œil, à l'aspect de la Voie lactée, cette prodigieuse accumulation d'étoiles, de nébuleuses et d'amas stellaires qui fait le tour entier du ciel. Si l'on trace en effet sur un globe céleste la ligne médiane de cette zone lumineuse, on trouve qu'elle dessine un grand cercle de cette sphère : en d'autres termes, cette ligne médiane est située dans un plan passant presque exactement par l'œil de l'observateur.

Wright, Kant, Lambert et Herschel en ont conclu que l'univers forme une couche plate d'étoiles à peu

Fig. 25,



Voie lactée.

près uniformément distribuées dans son épaisseur. Notre monde étant situé à peu près au milieu, en S (*fig.* 25), nous voyons bien plus d'étoiles, et d'étoiles de plus en plus éloignées, de plus en plus faibles, dans la direction de cette strate, en SD par exemple,

que dans des directions obliques ou perpendiculaires telles que SC, SB, SA. Cette immense strate, dont l'étendue ne serait parcourue par la lumière qu'en 30000 ans, formerait ainsi un système de mondes retenus par les liens d'une attraction mutuelle, et, puisqu'il a subsisté jusqu'ici, c'est que ces diverses parties circulent autour du centre avec des vitesses dépendant de la somme des masses qui le composent.

Il y a dans ces vues une part incontestable de vérité, mais l'étude des mouvements propres dont ces mondes sont animés ne s'accorde nullement avec l'idée nette et précise qui fait, de l'univers, un monde d'ordre supérieur possédant une stabilité propre. S'il en était ainsi, les mouvements des étoiles seraient dirigés dans le plan de la Voie lactée, et s'effectueraient dans ce plan, avec une lenteur extrême, autour d'un centre plus ou moins caractérisé. Or, rien de tout cela n'existe. Ces mouvements ne semblent suivre aucune loi ; le seul trait commun que les astronomes aient pu y discerner, c'est une faible tendance à converger vers une certaine direction, tendance qui répond tout simplement au mouvement de translation dont notre système est lui-même animé comme tous les autres. Ce point de convergence est même fort éloigné de la Voie lactée.

D'autre part, la Voie lactée ne forme pas aujourd'hui un tout nettement délimité. Elle présente des régions insondables, dont les plus puissants télescopes d'Herschel n'ont pu atteindre les limites. Si l'on considère la forme tourmentée de cette zone lumineuse, ses interruptions, son dédoublement partiel en deux branches distinctes, ou même en amas isolés dont

quelques-uns, tels que les nuées de Magellan, se trouvent rejetés bien loin du plan général, les espaces vides d'étoiles ou complètement noirs auxquels les marins ont donné le nom significatif de *sacs à charbon,* on trouvera que la Voie lactée offre plus d'analogie avec un vaste anneau en train de se décomposer en lambeaux qu'avec une couche plate et homogène d'étoiles et de nébuleuses.

Toutes ces apparences suggèrent plutôt l'idée que la Voie lactée, bien loin d'être un monde d'ordre supérieur obéissant, aujourd'hui comme dans le passé, aux lois fixes de la gravitation, n'est rien de plus que le résidu de l'ensemble des matériaux qui ont primitivement constitué l'univers, mais qui se sont progressivement disséminés dans l'espace en vertu d'impulsions originaires, tout en conservant quelque trace d'un vaste tourbillonnement indépendant des attractions de la masse entière.

CONCLUSION.

Quand on aborde l'idée de l'univers, la Science hésite et l'esprit se trouble; celle des mondes dont il se compose est bien plus accessible. Nous avons dû pourtant aller jusque-là pour chercher la trace d'une origine commune à ces mondes dans le temps et dans l'espace. En tous cas, notre classification nous permet d'assigner le rang et la place du nôtre. Il appartient au second embranchement, celui des formations stellaires ; à la classe des étoiles accompagnées de satellites, mais de satellites éteints; à la variété des mouvements circulaires. Son Soleil est une étoile du type

spectral n° 2; il est situé dans le plan même de la Voie lactée, mais un peu excentriquement; il a dû se détacher de l'ensemble primitif et devenir indépendant comme les autres. Dès lors les questions d'origine se simplifient pour lui comme pour toutes les étoiles isolées. L'existence de satellites minuscules prouve seulement que la formation de son étoile n'a pas absorbé tous les matériaux du lambeau de chaos d'où il est sorti. En étudiant ce Soleil, seule étoile qui nous soit pleinement accessible, en cherchant à découvrir son mystérieux mécanisme, nous ferons faire un grand pas à la solution du problème cosmogonique ainsi restreint, et nous la baserons sur des faits, non sur des hypothèses.

CHAPITRE XII.

QU'EST-CE QU'UN SOLEIL.

Autrement dit, qu'est-ce qu'une étoile ? Expliquer sa formation, son incandescence, l'intensité, la longue durée et la constance de sa radiation.

Ce sont là les premières conditions astronomiques de la vie. La vie, en effet, ne saurait s'établir et se développer que sur les satellites éteints d'un soleil à radiation complète.

Cherchons d'abord à nous faire une idée nette du degré d'incandescence de ces soleils, à en mesurer la radiation, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'ils envoient à chaque instant dans l'espace, afin de comparer cette puissance calorifique avec celle des diverses sources de chaleur et d'incandescence que nous connaissons. C'est à notre Soleil qu'il faudra nous adresser. Quant aux autres, ce sera une simple question du plus au moins.

Mesure de la radiation du Soleil.

C'est le physicien Pouillet qui a eu le premier le mérite d'entreprendre cette étude à l'aide de son pyrhéliomètre. Depuis, MM. Crova et Violle ont perfectionné sa méthode et modifié sensiblement ses conclusions. Il résulte de ces travaux qu'une surface

d'un mètre carré, exposée perpendiculairement aux rayons solaires, reçoit $0^{cal},4$ par chaque seconde de temps (1). Telle est l'intensité de la radiation à la distance où la Terre se trouve du Soleil, radiation qui entretient la vie et le mouvement à la surface de notre globe.

Ce chiffre de $0^{cal},4$ par seconde et par mètre carré ne dit pas d'abord grand'chose à l'imagination; mais, avec un peu de réflexion, on s'aperçoit bien vite qu'il s'agit là d'un résultat gigantesque. La chaleur se transforme en force à raison de 425^{kgm} par calorie; et, comme 75^{kgm} par seconde font un cheval-vapeur, la chaleur reçue du Soleil par mètre carré de surface équivaut à 2,27 chevaux-vapeur. Cela fait près de 300000000000000 de chevaux-vapeur pour la Terre entière. Telle est la force que le Soleil nous donne, force qui tomberait à zéro si cet astre venait à s'éteindre. C'est elle qui produit tous les grands courants de l'atmosphère, et nous dirions même tous les mouvements (sauf les marées) qui s'exécutent à la surface de la Terre, si l'homme n'avait trouvé, dans les couches superficielles, des masses de charbon dont la combustion est utilisée dans ses machines à vapeur.

Mais, avant tout, il faut calculer l'intensité de la radiation actuelle, non pas sur la Terre, à 37 millions de lieues de distance, mais à la surface même du Soleil. Rien de plus simple. Pour qu'un corps soit vu

(1) Une calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température d'un kilogramme d'eau. On a tenu compte de l'absorption que l'atmosphère exerce sur la chaleur solaire; ces $0^{cal},4$ représentent la quantité de chaleur reçue sur 1^{mq} aux limites de l'atmosphère.

sous un angle de 1′, il faut le placer à une distance égale à 3438 fois sa dimension. Or, le demi-diamètre du Soleil nous apparaît sous un angle de 16′ : donc sa distance est égale à $\frac{3438}{16} = 215$ de ses rayons. Le mètre carré, dont nous parlions tout à l'heure, auquel le Soleil envoie $0^{cal},4$ par seconde, se trouvait, sur notre globe, à la distance de 215 rayons solaires. Si nous le transportions à la surface du Soleil, c'est-à-dire 215 fois plus près du centre, il recevrait $\overline{215}^{2}$ ou 46000 fois plus de chaleur, c'est-à-dire 18500^{cal} par seconde. Telle est la quantité de chaleur que chaque mètre carré de la surface du Soleil envoie à chaque instant dans l'espace.

Le rayon du Soleil est connu : il est environ 109 fois plus grand que celui de la Terre, c'est-à-dire de 700000000^{m}. Sa surface s'obtiendra en multipliant le carré de ce nombre par 4 et par le rapport $\frac{22}{7}$ de la circonférence au diamètre. Il faudra ensuite multiplier ce nombre de mètres carrés par 18500 pour avoir la quantité de chaleur envoyée dans l'espace. On a ainsi

$$114\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000^{cal}$$

par seconde. Pour un an, il faudra multiplier ce nombre d'abord par 86400, puis par 365, 24, ce qui donne, en calories, 3535 suivi de 27 zéros.

L'incandescence des étoiles n'est pas due à une combustion.

Maintenant il nous sera aisé de comparer cette puissante émission avec celles que fourniraient les

divers moyens de produire de la chaleur que nous connaissons. Ils se réduisent essentiellement à deux : les actions chimiques, c'est-à-dire la combustion, et le choc ou le frottement. Nous ne parlons pas des actions électriques, car elles se ramènent en dernière analyse à la combustion chimique de certains matériaux, tels que le zinc, le fer, etc. Supposons, pour fixer les idées, que le Soleil soit composé de silicium et d'oxygène dans la proportion de 28 à 32, de manière à produire une combustion complète (1). On sait qu'en brûlant 1^{kg} de ce mélange on développe 3650^{cal}. D'autre part, on connaît la masse du Soleil, et par suite le nombre de kilogrammes de matière qu'elle contient. Il est donc facile de calculer la quantité de chaleur produite par la combustion de cette énorme masse formée de silicium et d'oxygène. Par un calcul simple on trouve qu'elle ne donnerait que la chaleur envoyée par le Soleil pendant 2000 ans (2). Au bout de 2000 ans, il serait déjà éteint. Or il est certain, par le témoignage même de l'histoire, que le Soleil a brillé avec le même éclat pendant beaucoup plus de 2000 ans, et la Géologie nous apprend que sa durée doit se compter, non par milliers, mais par millions d'années. Donc l'incandescence du Soleil et des

---

(1) J'ai choisi le silicium, parce que c'est un des éléments dont la combustion produit le plus de chaleur. L'analyse spectrale a signalé récemment sa présence dans le Soleil.

(2) Le poids de la Terre est, en kilogrammes, 6063 suivi de 21 zéros; la masse du Soleil est 330800 fois plus grande. En multipliant le produit de ces deux nombres par 3650^{cal}, on aura 7322 suivi de 30 zéros; c'est la chaleur engendrée par la combustion du Soleil. En divisant ce nombre par celui des calories annuellement dépensées par le Soleil, on trouve 2040.

étoiles n'est pas due à une combustion. Voyons donc les autres sources de chaleur, le frottement et le choc.

Recherche de la vraie cause de l'incandescence des étoiles.

Écartons tout d'abord le frottement. Il faudrait des matériaux circulant à grande vitesse tout contre la surface du Soleil, de manière à produire une friction énergique d'où naîtraient la lumière et la chaleur. Le calcul montre que cette supposition se rapprocherait infiniment plus de la réalité que la précédente ; mais il suffit de jeter un coup d'œil sur le Soleil, à l'aide d'une lunette, pour y voir des détails délicats qui sont incompatibles avec une action pareille. Reste donc le choc de matériaux tombant de très loin sur le Soleil et venant le heurter avec une grande vitesse. Cette vitesse peut se calculer. Prenons, par exemple, un corps quelconque sans vitesse initiale, placé à une distance beaucoup plus grande que celle des planètes, une distance infinie si l'on veut, et soumis à la seule attraction du Soleil. Ce corps tombera vers cet astre avec une vitesse d'abord insensible, puis sans cesse accélérée. Lorsqu'il viendra heurter le Soleil, la vitesse acquise sous l'influence de l'attraction solaire sera de 616000^{m} (150 lieues) par seconde (¹).

Pour 1^{kg} de matière tombant ainsi sur le Soleil, la force vive anéantie par le choc et transformée en cha-

(¹) Il ne s'agit pas là d'une supposition gratuite. Les astronomes de mon temps se rappellent fort bien la fameuse comète de 1843, à la queue monstrueuse, qui a fait en deux heures la moitié du tour du Soleil en le rasant presque, et qui possédait, à l'instant du passage au périhélie, à peu près cette vitesse inouïe de 150 lieues par seconde.

leur sera, en kilogrammètres, la moitié de la masse, c'est-à-dire $\frac{1}{19,6}$, multipliée par le carré de la vitesse ou par $\frac{}{610000^2}$. La quantité de chaleur produite s'obtiendra en divisant ce nombre par l'équivalent mécanique de la chaleur, 425^{kgm}. On trouve ainsi que la chute de ce kilogramme de matière engendrera 45 millions de calories; elles s'ajouteront à celles que possède déjà le Soleil.

Nous voilà parvenus à une source de chaleur dont la puissance est comparable à l'incandescence des soleils ou des étoiles. Sur la Terre même, l'incandescence passagère des étoiles filantes, qui viennent heurter à grande vitesse l'atmosphère ou le sol, provient de la même cause et nous familiarise avec ses effets. Si, dans nos laboratoires et dans nos usines, les actions chimiques sont inférieures, c'est que nous ne mettons en jeu que des masses minimes, et que nos canons les plus puissants n'impriment guère à leurs projectiles de vitesses supérieures à 600^m ou 700^m par seconde. Dans le ciel, au contraire, tout est gigantesque, les masses comme les vitesses.

Le lecteur éprouve déjà, j'en suis sûr, un certain plaisir à voir la solution se dessiner peu à peu. Nous y touchons presque.

L'idée qui se présente maintenant à l'esprit est celle-ci : chaque mètre carré de la surface solaire émet 18500^{cal} par seconde; combien faudrait-il qu'il tombât, à chaque seconde, de matière sur le Soleil, avec la vitesse susdite, pour produire cette quantité de chaleur et par ainsi entretenir sa radiation? Puis-

qu'un seul kilogramme engendre 45 millions de calories, on trouve aisément, par une simple division, qu'il suffirait de $0^{g},4$ de matière par seconde, ou de 12600^{kg} tombant chaque année sur chaque mètre carré de la surface du Soleil pour régénérer à chaque instant la chaleur qui s'en échappe.

Telle est, en effet, l'explication proposée par le créateur de la Thermodynamique, R. Mayer; malheureusement elle est inacceptable. En effet, la masse du Soleil ne saurait s'accroître sans que cela retentît dans tout le système solaire. L'attraction du Soleil irait peu à peu en augmentant, les planètes se rapprocheraient de lui, et leurs révolutions ne manqueraient pas de s'accélérer. Or, ce qu'il y a de plus invariable, au contraire, dans notre monde actuel, ce sont précisément les moyennes distances des planètes au Soleil et la durée de leurs révolutions sidérales. Si l'on fait le calcul de R. Mayer, on trouve, il est vrai, que la masse solaire ne s'augmenterait que de $\frac{1}{26000000}$ par an. Mais, au bout de 2000 ans, ce qui nous reporte aux temps des meilleurs observateurs d'Alexandrie, l'augmentation serait de $\frac{1}{13000}$ de la masse du Soleil, variation considérable, d'où seraient résultés des effets tout à fait inconciliables avec les observations les plus certaines de l'Astronomie.

Heureusement, il est facile de rectifier cette erreur. Ce n'est pas l'entretien journalier de la radiation solaire qu'il faut expliquer ainsi, en faisant varier la masse de cet astre : c'est la totalité de la chaleur qu'il a reçue dès l'origine et qu'il continue à dépenser avec la plus admirable régularité. On est donc conduit à

admettre que le Soleil s'est formé, à l'origine des temps, par la chute successive de matériaux disséminés dans un espace immense, vers un centre quelconque d'attraction, d'abord très faible, puis croissant peu à peu jusqu'à ce que son état actuel d'incandescence ait été atteint.

Calcul de la chaleur totale du Soleil.

Le système solaire s'étend aujourd'hui jusqu'à Neptune, 30 fois plus loin que la Terre, à une distance du centre du Soleil égale à 215×30 ou 6450 rayons de cet astre. Pour fixer les idées, supposons que la masse du Soleil ait été disséminée, à l'origine, dans une sphère de rayon décuple. Sa densité, aujourd'hui de 1,4 en prenant celle de l'eau pour unité, deviendrait $\overline{6450}^{3}$ ou 428000000000000 fois plus petite.

Mais ces nombres-là ne nous disent rien. Prenons un terme de comparaison mieux approprié au sujet que la densité de l'eau, celle de l'air dans le vide au millionième que M. Crookes a su produire dans ces boules de verre où il fait fonctionner ses moulinets sous l'influence des moindres radiations. On trouve ainsi que le vide de Crookes est 248000 fois plus dense que l'espèce de chaos par lequel il s'agit de remplacer le Soleil.

Ne nous laissons par arrêter par ces chiffres presque fabuleux. Le vide de Crookes n'est pas tellement dépourvu de matière qu'il n'en contienne 1293000^{kg} par myriamètre cube. Notre chaos n'en contiendrait que 5217^{g}, mais on le rendrait parfaitement visible

en y lançant un jet puissant de lumière électrique (¹).

Quand bien même la dissémination y serait mille et mille fois plus grande, l'attraction de la matière n'en subsisterait pas moins : elle ne serait qu'affaiblie par l'écartement des molécules. Sous l'action de cette force, un travail de concentration débute et, à partir d'un certain moment, la température commence à s'élever. Enfin, quand le Soleil se trouvera réduit à ses dimensions actuelles, un calcul fort simple de Thermodynamique montre que le total de la chaleur développée aura été de 14500000 fois la dépense annuelle du Soleil d'aujourd'hui. Autrement dit, par le seul fait de sa condensation progressive, la masse solaire a dû gagner assez de chaleur pour alimenter sa radiation actuelle pendant près de 15 millions d'années (²).

Il n'a pas tout dépensé. Le Soleil possède encore dans sa masse interne une très haute température. Nous ignorons le nombre de ses calories, mais on peut admettre que le Soleil n'en possède pas une qui ne vienne de cette origine-là.

(¹) La raréfaction des queues de comètes est comparable à celle-ci et probablement beaucoup plus grande. Néanmoins les rayons de soleil qui les traversent les rendent aisément visibles en pleine nuit.

(²) Nous avons fait ce calcul en supposant que le Soleil soit resté homogène à tous les degrés de sa condensation progressive. Le résultat est d'ailleurs le même de quelque manière qu'ait eu lieu la réunion des matériaux. Il ne dépend pas non plus, sensiblement, de l'hypothèse que nous venons de faire sur les dimensions de l'amas primitif. On aurait pu les décupler sans augmenter bien sensiblement le résultat. Il n'en serait pas de même de la durée, mais nous n'avons pas à nous en occuper ici. M. Helmholtz, qui le premier a fait ce calcul, a trouvé 20 millions au lieu de 15. C'est qu'il a pris pour point de départ la dariation solaire de Pouillet. J'ai adopté l'évaluation plus récente de MM. Violle et Crova.

Constance de la radiation solaire.

Ainsi la Thermodynamique rend compte aisément de l'état d'incandescence prolongée de tous ces astres. Ce qu'elle n'explique pas, c'est la constance merveilleuse de la radiation actuelle.

Depuis l'invention du thermomètre, on a recueilli de longues séries d'observations sur une infinité de points du globe. Résultat général : depuis 100 ans les climats n'ont pas varié, et, comme la température superficielle de notre globe dépend presque exclusivement de la radiation solaire, depuis 100 ans celle-ci est restée la même.

Les végétaux sont des témoins tout aussi délicats, tout aussi irrécusables de la température, et leurs indications remontent bien plus haut que celles du thermomètre. Il y a des limites que chaque espèce végétale ne franchit pas. Ainsi la culture de l'olivier, comme arbre de rapport, est restée confinée aujourd'hui en France entre les mêmes limites qu'aux temps où Jules César guerroyait dans les Gaules. En Égypte, en Palestine, la culture du dattier donne des fruits mangeables ; mais un degré de moins dans la température de l'été ferait rejeter ces fruits. La vigne y donne encore du vin, mais un degré de plus ferait abandonner cette culture. Eh bien, les choses en étaient au même point du temps des Pharaons. Conclusion : aussi loin que remontent les témoignages historiques, la chaleur du Soleil n'a pas varié.

Pour que 1850^{cal} traversent à chaque seconde chaque mètre carré de la surface solaire, il faut

que la masse entière contribue à cette radiation par une voie bien différente de la simple conductibilité, autrement il y a beau temps que le Soleil serait éteint et encroûté, comme les laves qui sortent en pleine incandescence de nos volcans et sur lesquelles on peut marcher au bout de quelques jours, sans se brûler, bien que l'intérieur reste à l'état de fluidité ignée pendant des années entières. Si une couche d'épaisseur médiocre devait suffire à cette énorme radiation, elle serait bien vite épuisée, tandis qu'avec la masse entière le refroidissement annuel est tout au plus de 2^{cal} par kilogramme, résultat qui nous garantit contre toute crainte d'extinction prochaine (1).

Il y a là un véritable mystère. Pour le pénétrer, il faut recourir à l'étude approfondie des faits, car ces choses ne se devinent pas. Et, comme le Soleil est ce qui nous reste de plus net du chaos primitif, ce qui en représente la partie la moins modifiée après tant de millions d'années, c'est par lui qu'il faut commencer qnand on veut remonter aux origines.

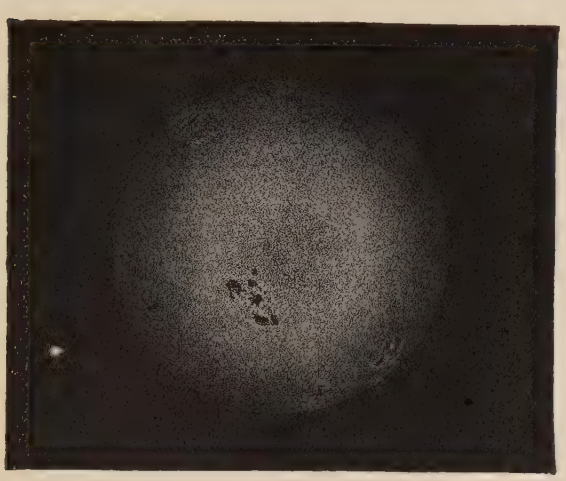
Description du Soleil.

Le Soleil nous apparaît comme un disque parfaitement rond de 32′ de diamètre angulaire. Sa sur-

(1) Le calcul qui nous a donné la somme totale de chaleur acquise par le Soleil montre qu'une simple condensation de 47^{m} par an suffirait pour produire dans toute la masse une augmentation de $1^{cal},8$ par kilogramme, c'est-à-dire une quantité de chaleur équivalente à la perte annuelle. Il y a eu un temps où la température du Soleil allait en croissant par la contraction plus vite qu'elle ne baissait par la radiation. Il en est autrement aujourd'hui : la contraction ne répare plus qu'en partie la perte annuelle ; le Soleil se refroidit progressivement, et c'est ainsi qu'il est passé, du type n° 1 des étoiles, au type n° 2.

face éblouissante, vue à l'aide d'une lunette ordinaire et avec les précautions nécessaires pour éviter d'être frappé de cécité, est d'un blanc de neige uniforme (*fig.* 26). Mais un instrument plus puissant

Fig. 26.



montre que cette neige se compose d'une foule de très petits flocons de matière incandescente, de petits nuages arrondis, baignés dans un fluide bien moins brillant. C'est ce qu'on nomme la *photosphère*. (La figure 27 en représente une petite portion.)

Autour du Soleil, ou plutôt au-dessus de cette photosphère, règne une couche assez transparente de gaz peu lumineux, de couleur rosée. Elle n'est visible que pendant les éclipses totales ou à l'aide du spectroscope. C'est de l'hydrogène presque pur sur une mince épaisseur de 1800 lieues. Il faudrait une coupe du Soleil pour faire comprendre cette structure remarquable.

L'enveloppe hydrogénée se nomme la *chromosphère*. Au-dessus règne le vide, vide presque aussi complet que celui de la région interplanétaire. Tout

Fig. 27.

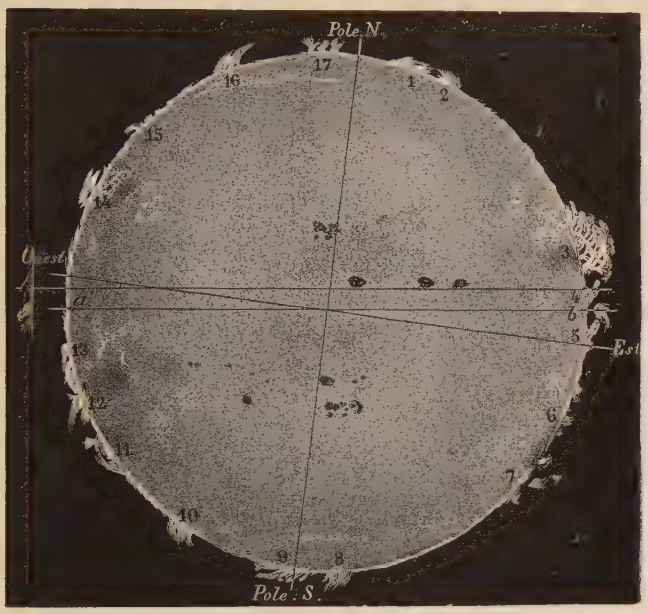
au plus le spectroscope, que les moindres traces de gaz incandescent affectent, y décèle-t-il celles de l'hydrogène et d'un autre gaz tout aussi léger de nature inconnue.

Évidemment les flocons nuageux de la photosphère constituent l'organe essentiel de la radiation, et l'on saisit déjà le contraste qui existe entre cette couche éblouissante de nuages et l'enveloppe hydrogénée presque invisible, bien qu'elle soit aussi à l'état d'incandescence. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce contraste.

Au-dessus de la chromosphère, on voit jaillir, de temps en temps, des jets d'hydrogène affectant les

formes les plus bizarres : ce sont les protubérances

Fig. 28.



roses, dont nous nous occuperons un peu plus tard (*fig.* 28).

Description des taches.

Tous ces détails, malgré leur intérêt, ne nous conduiraient pas bien loin si le Soleil ne nous présentait fréquemment d'autres phénomènes d'un caractère mécanique plus saisissable : ce sont les taches (*fig.* 29).

Ce sont des trouées dans la photosphère. Elles débutent par un petit point noir qui s'élargit peu à

peu. Leur forme est d'abord circulaire. On y distingue du premier coup d'œil un noyau noir entouré d'une pénombre beaucoup moins lumineuse que la surface générale. Cette pénombre est évidemment composée des mêmes nuages que la photosphère, mais allongés, étirés dans le sens des rayons. Au milieu du noyau noir, on distingue, non sans peine, un trou rond encore plus noir, qui a été signalé par un habile observateur anglais, M. Dawes. Ces taches

Fig. 29.

durent assez longtemps, 10, 15, 20 jours, parfois des mois entiers, mais elles subissent avec le temps de singulières péripéties. A force de grandir, elles deviennent incapables de subsister en entier ; alors elles se décomposent et engendrent d'autres taches, plus petites, tout à fait semblables à la tache mère. Le cas le plus simple, le dédoublement d'une tache, se produit comme il suit. La tache commence par s'allonger : puis, tout d'un coup, il se forme au travers du noyau noir une sorte de pont lumineux très étroit. Ce pont s'élargit, devient plus brillant ; en même temps les deux fragments du noyau s'éloi-

gnent l'un de l'autre et s'arrondissent. Bientôt il se forme autour de chacun d'eux une pénombre régulière, et l'on a sous les yeux deux taches complètes et indépendantes qui poursuivent leur chemin.

L'étude des taches a montré que le Soleil est animé d'une lente rotation autour d'un axe fixe dont les astronomes ont déterminé avec soin la direction. Le globe solaire met environ vingt-cinq jours à tourner sur lui-même, de droite à gauche quand on regarde d'en haut son hémisphère nord.

Ce n'est pas tout : les lunettes un peu puissantes font voir que la surface du Soleil est criblée de points noirs appelés *pores*. Ces pores sont eux-mêmes de petites taches ; car, lorsqu'une tache se développe, elle débute toujours par un de ces points noirs. Une tache, c'est un pore qui a grandi, et souvent une tache qui finit se réduit à n'être plus qu'un simple pore.

Quant aux protubérances, elles apparaissent dans la région des pores ou des taches. On n'en voit pas au-dessus du noyau noir, mais tout autour, et, chose remarquable, la chromosphère paraît être déprimée au-dessus du noyau d'une grande tache.

Explication de la photosphère.

Nous avons vu que les nuages de la photosphère constituent l'organe essentiel de la radiation : ils doivent donc être formés de particules solides (ou liquides), car les gaz ou les vapeurs, sous les faibles densités qu'ils ont à la surface du Soleil, sont de très mauvais radiateurs. Je viens de dire que la chromosphère est complètement invisible dans nos plus puis-

santes lunettes : c'est qu'elle est purement gazeuse.

Une expérience bien simple va nous faire voir la différence dont il s'agit.

Expériences.

Voici une flamme d'hydrogène brûlant à l'aide d'un courant d'oxygène. Cette flamme est si chaude qu'on y ferait fondre aisément du platine, et pourtant vous voyez qu'elle n'est guère lumineuse ; mais elle le devient subitement si l'on y projette un peu de poussière de chaux ou de magnésie, corps solides qui ne se volatilisent pas à cette haute température et deviennent incandescents. Il suffit même de diriger le jet oxyhydrique sur un morceau de chaux pour produire une lumière très vive, bien que la chaux ne soit pas alors portée à une température plus élevée que le dard presque obscur qui vient la frapper.

Quant à ce fluide où nagent les nuages de la photosphère, il est plus lumineux que l'hydrogène pur de la chromosphère, parce qu'il est formé de vapeurs de toute sorte, émettant chacune des rayons particuliers. Il contient en effet, outre un fond d'hydrogène et d'oxygène non combinés, des vapeurs de tous les éléments chimiques du Soleil.

Ces nuages voguent dans ce milieu gazeux, à peu près comme les imperceptibles aiguilles de glace de nos cirrhus. A cause de l'énormité de leur radiation, ces poussières solides doivent se refroidir bien vite et s'éteindre ; mais, sitôt formées, ces poussières, bien plus denses que le milieu ambiant où elles flottent, tombent vers les couches profondes sous forme de

pluie incessante. Il faut donc que ces nuages à radiation intense se reforment sans cesse par l'ascension de gaz et de vapeurs venus de l'intérieur.

Mais notez bien ici une condition essentielle : pour que le refroidissement occasionné par cette énorme radiation ne reste pas confiné dans les couches superficielles, ce qui conduirait bien vite à l'extinction, pour que la masse entière y participe, il faut que la pluie de ces matériaux solides et comparativement froids pénètre jusqu'au cœur du Soleil, que ces matériaux s'y réchauffent, s'y vaporisent, s'y décomposent, et déterminent ainsi l'ascension forcée ([1]) des vapeurs, lesquelles iront reformer en haut la photosphère. Il faut donc : 1° que la masse entière du Soleil soit à l'état gazeux; 2° que la température interne soit incomparablement plus élevée que celle de la surface; 3° que, par un procédé quelconque, la basse température de la photosphère force les vapeurs ascendantes à se condenser subitement en nuages de poussières éblouissantes. A ces conditions, toute la masse du Soleil contribuera à la radiation, et, si le phénomène de condensation qui se fait dans la photosphère est une action chimique nette, la production de ces nuages s'accomplira dans des conditions toujours identiques et donnera lieu à une radiation constante.

Voyons si les choses peuvent se passer ainsi. Nous

([1]) Dans une masse fluide qui se refroidit à la surface, il s'établit bien, d'une couche à l'autre, des courants dus à de simples différences de température. On les nomme *courants de convection*. Mais ici il y a quelque chose de plus, à savoir le changement d'état actuel de matériaux passant de l'état gazeux à l'état solide, de l'état de dissociation à l'état de combinaison chimique. Ces courants-là n'opèrent plus entre des couches voisines, mais vont des profondeurs à la surface et réciproquement.

ne savons pas au juste quelle est la température de la photosphère; mais il est évident qu'elle est plus élevée que celle des bains liquides de métaux fondus dans nos usines, puisque le fer, le magnésium, le titane, etc. s'y trouvent constamment à l'état de vapeurs. Or la température des couches profondes doit être bien plus élevée encore, et se chiffrer, comme d'autres considérations nous l'ont fait voir, par des millions de degrés. A ces températures excessives, l'affinité chimique disparaît; les composés se résolvent dans leurs éléments ; ces éléments se mélangent physiquement sans pouvoir se recombiner, quelles que soient leur affinité mutuelle et la pression qui les comprime. Mais, si ce mélange d'éléments dissociés vient à être transporté dans une région moins chaude, la combinaison aura lieu aussitôt à haute température, avec un dégagement subit de calorique rayonnant. Pour fixer les idées, imaginons que les courants ascendants soient formés d'un mélange d'oxygène et de vapeurs de magnésium, de silicium ou de calcium, matières si abondamment répandues dans la nature à l'état d'oxydes. Parvenu dans la photosphère, là où le Soleil touche aux régions froides de l'espace, ce mélange, qu'il est facile de réaliser dans un laboratoire, produira instantanément un nuage de magnésie, de chaux ou de silice incandescentes, à l'état de poussière impalpable (1). On verrait ce nuage rayonner aussitôt une lumière éblouissante, dont l'identité avec celle de la photosphère ne saurait être contestée. Cette

(1) Nous citons ces substances parce qu'on les a sous la main. Il convient de laisser indéterminées celles dont se composent réellement les nuages de la photosphère.

magnésie ou cette chaux, bien vite refroidies, retomberont en pluie en vertu de leur densité et traverseront les couches de plus en plus profondes, jusqu'à celle dont la haute température décomposera de nouveau, malgré une pression énorme, ces oxydes terreux en reproduisant le mélange primitif d'oxygène et de magnésium en vapeurs. Les vapeurs et le gaz ainsi produits aux dépens de la chaleur des couches centrales détermineront, par leur expansion, la montée de nouveaux matériaux, et ce jeu incessant alimentera la photosphère aux dépens de la chaleur de la masse entière. Quant à la photosphère, sa radiation restera constante, parce qu'aux limites du Soleil, sous une pression toujours la même, la combinaison des éléments se produit toujours à la même température, et donne lieu au même dégagement de chaleur. Cette radiation ne pourrait varier que si le jeu des courants descendants et ascendants venait à être sensiblement ralenti par la densité croissante des milieux gazeux, c'est-à-dire par la contraction progressive, mais très lente, qui doit résulter du refroidissement (1).

Est-ce là l'expression de la réalité ou bien un jeu de notre imagination? Les faits vont nous répondre. Si un pareil ensemble de courants ascendants existe réellement, ils doivent avoir pour effet de ralentir la rotation superficielle du Soleil, puisque les maté-

(1) Cette contraction est elle-même une source de chaleur qui répare en partie la perte due à la radiation; elle contribue ainsi à sa durée dans une certaine mesure, jusqu'à ce que l'augmentation de densité de la masse entière fasse obstacle au jeu des courants que nous venons de décrire.

riaux qui montent à la surface y apportent une vitesse linéaire moindre. Les courants descendants doivent au contraire accélérer la rotation intérieure, puisque les matériaux qui descendent apportent dans les couches profondes une vitesse linéaire plus grande. Il faut donc avant tout étudier cette rotation : c'est ce qui a été fait.

Or il se trouve qu'effectivement le Soleil ne tourne pas du tout comme un corps solide, c'est-à-dire tout d'une pièce. On a appris avec étonnement que chaque zone superficielle a sa rotation propre, laquelle va en décroissant suivant une loi parfaitement mathématique de l'équateur à l'un et l'autre pôle (¹).

A l'équateur la rotation est de 25 jours ;

A 45° de latitude, elle est de 27 ;

Aux pôles, de 31 ;

Et cette loi est telle que le retard des régions polaires est précisément celui qui serait produit par des courants ascendants partis d'une couche intérieure, non pas sphérique, mais aplatie, c'est-à-dire d'une profondeur plus grande que les courants montant dans le plan de l'équateur. Vous ne perdrez pas de vue que cet aplatissement du noyau intérieur du Soleil doit résulter de la rapidité plus grande de sa rotation. Il y a donc jusqu'ici entre la théorie et les faits un accord complet. Voyons si cet accord se soutiendra

---

(¹) Voici celle que j'ai déduite de l'ensemble des sept années d'observation de Carrington :

$$\omega = 862' - 186' \sin^2 \lambda,$$

ω étant la vitesse angulaire diurne d'un point de la photosphère qui aurait λ pour latitude héliocentrique.

lorsque nous chercherons l'explication des autres phénomènes, c'est-à-dire des taches, des pores, des facules, des protubérances.

Explication des taches.

Nous venons de constater que la photosphère est sillonnée de courants parallèles à l'équateur dont la vitesse angulaire va en décroissant vers les pôles. Dans de telles conditions, l'apparition de mouvements gyratoires est inévitable; il se formera partout des tourbillons, absolument comme dans un fleuve où de pareilles inégalités de vitesse linéaire se rencontreraient entre les filets liquides parallèles au courant.

Pour nous faire une idée nette de ces phénomènes, arrêtons le mouvement de translation générale en appliquant, à chaque molécule, une vitesse égale et contraire à la moyenne de toutes les vitesses.

Sur la rive où le courant était le plus faible, il restera un petit excès de vitesse vers l'amont ; sur celle où le courant était le plus rapide, la résultante sera une petite vitesse vers l'aval. Il y aura donc tendance à la gyration autour de quelque axe vertical. Les choses se passeront comme pour un toton lorsque, des deux doigts, on imprime brusquement à son axe des impulsions opposées. On voit dès lors se former un tourbillon descendant. Si vous rendez ensuite à chaque molécule de la rivière la vitesse moyenne que nous lui avions ôtée, par hypothèse, vous verrez le tourbillon suivre le fil de l'eau en engloutissant tous les corps flottants qui se trouveront dans son cercle d'action.

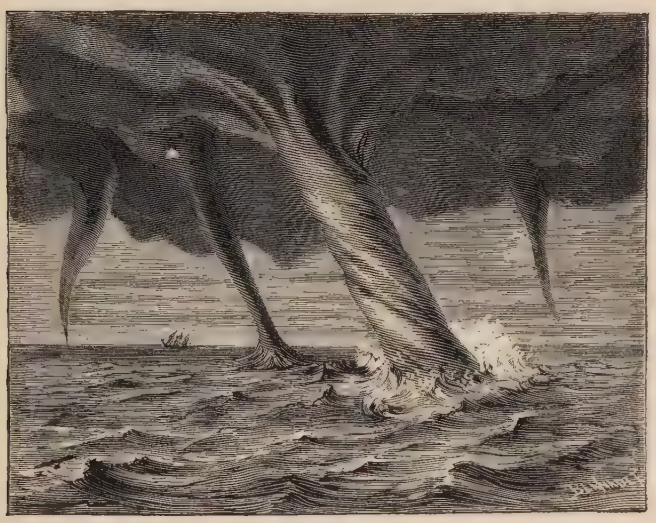
Ces tourbillons descendants à axe vertical sont bien connus des ingénieurs hydrauliciens, des bateliers et des nageurs. Gare à celui qui s'y laisse entraîner ! S'il veut lutter, il y épuisera ses forces et risquera sa vie. Le seul parti à prendre, c'est de se laisser entraîner au fond; une fois arrivé dans la partie rétrécie, un coup de pied sur le sol suffit pour que le nageur se dégage et remonte à la surface, hors du tourbillon qui s'éloigne.

Je ne saurais mettre sous les yeux du lecteur un de ces tourbillons qui naissent dans les cours d'eau et en suivent la marche. En voici du moins un qu'il est aisé de reproduire, bien que les circonstances soient différentes et qu'il n'y ait pas identité complète avec les précédents. Dans un vase en verre percé d'un trou à la partie inférieure, nous faisons arriver de l'eau tangentiellement à la paroi. Il se produit un tourbillon ayant en haut son entonnoir et s'effilant par le bas jusqu'au trou inférieur par lequel l'eau s'écoule. On le rendra visible en y projetant de la poussière ou de la sciure de bois. Ces corps légers sont entraînés par le tourbillon; on les voit tournoyer en descendant, d'autant plus vite que l'entonnoir se rétrécit davantage. Au-dessus, à l'ouverture de l'entonnoir, on constate une dépression très marquée du niveau supérieur du liquide. Si vous enfoncez verticalement un bâton, vous le verrez tournoyer d'autant plus vivement qu'il pénétrera plus avant dans le tourbillon. Mais c'est une image et non une reproduction complète des phénomènes que nous étudions ici (*Comptes rendus*, t. CXX; p. 951).

Ceux-ci ne se forment pas seulement dans les courants liquides : on les retrouve dans les gaz en

mouvement, dans notre atmosphère, par exemple, et avec de tout autres dimensions. De véritables fleuves aériens, bien connus des aéronautes, s'établissent à diverses hauteurs dans notre atmosphère et, dans ces fleuves, les moindres différences de vitesse, d'une rive à l'autre, engendrent des tourbillons. Ceux-ci descendent verticalement jusqu'au sol, à travers les couches d'air immobiles, tout en suivant le courant supérieur

Fig. 30.



qui les alimente. On voit alors descendre des nuées ces trombes, ces tornados effroyables qui produisent tant de ravages. Voici le dessin d'une de ces trombes (*fig.* 30).

Vous la voyez affouiller la mer avec furie tout en marchant à grande vitesse, la vitesse du courant supérieur où se tient son embouchure, ordinairement masquée par les nuages. Les trombes durent peu, mais les

cyclones, qui ne sont que des trombes démesurées, durent souvent des semaines entières, parcourant avec la vitesse d'un train express les continents et les mers, et portant avec eux la tempête et les orages. Ce qui rend les trombes visibles, c'est la gaine de brouillard qui les entoure d'ordinaire, à cause du froid produit par leur passage dans les couches d'air humide qu'elles traversent.

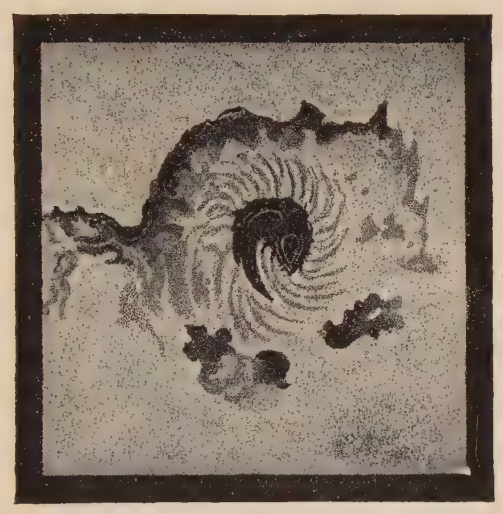
Eh bien, puisqu'il y a des inégalités de vitesse dans les courants parallèles de la photosphère, il doit s'y produire aussi des tourbillons grands ou petits. Les petits sont des pores, les grands sont des taches. Nous retrouvons dans les premiers tous les caractères des trombes, dans les seconds ceux des cyclones. Dans leur embouchure évasée ils entraîneront l'hydrogène froid de la chromosphère, produisant partout sur leur trajet vertical un abaissement notable de température et une obscurité relative, due à l'opacité de l'hydrogène froid englouti.

Voici la coupe d'un de ces tourbillons solaires (*voir* la figure 32 en ôtant par la pensée l'un des deux tourbillons accolés). La photosphère est supprimée, mais les courants de vapeurs qui l'auraient formée se condensent un peu plus bas, sur les flancs mêmes du tourbillon, grâce au froid qu'il produit autour de lui. Ces nuages brillants, non plus ronds, mais étirés le long des parois de l'entonnoir, lui forment une espèce de gaine lumineuse ; mais, comme ils sont vus à travers une plus forte épaisseur d'hydrogène que les nuages de la photosphère, cette gaine lumineuse sera grisâtre en comparaison : c'est la pénombre. Elle est extérieure ; elle ne participe donc pas à la gyra-

tion, sauf dans certains cas exceptionnels. En voici un où le tourbillon a entamé sa gaine; cette tache a été dessinée par le P. Secchi. Vous voyez comme les nuages allongés (*fig.* 31) de la pénombre ont pris une disposition en spirales très prononcées.

Plus bas le tourbillon solaire se rétrécit comme les nôtres, en forme d'entonnoir. Les courants ascen-

Fig. 31.



dants de vapeurs condensables sont rejetés de côté et ne peuvent dès lors tapisser l'ouverture de leurs nuages incandescents. La partie rétrécie de l'entonnoir se projette comme une large tache noire circulaire au milieu de la pénombre, parce que les nuages photosphériques y manquent totalement.

Considérez la projection de la tache, telle que nous la voyons réellement sur le Soleil. N'est-il pas vrai que c'est tout bonnement l'effet d'un entonnoir

vu de haut, en supposant du moins que la partie évasée soit bien mieux éclairée que le fond ?

Segmentation des tourbillons.

Ainsi tous les caractères des tourbillons terrestres se retrouvent dans les taches.

Comme les tourbillons, les taches se présentent sous toutes les dimensions imaginables, depuis le pore imperceptible jusqu'aux taches où la Terre entière se jouerait à l'aise. Comme les tourbillons, elles suivent le fil du courant où elles ont pris naissance ; elles grandissent et s'étendent jusqu'à ce qu'elles soient forcées de se décomposer.

Nos tourbillons aériens subissent souvent le même sort. Ils se segmentent et, chose curieuse, ils donnent naissance à d'autres tourbillons, à des trombes complètes et indépendantes.

Voici en projection un de ces phénomènes. Un grand mouvement gyratoire aborde les côtes de l'Algérie. Bientôt il se décompose et vous voyez pendre, de la même embouchure, trois trombes parfaitement distinctes qui descendent verticalement jusqu'à la mer et se mettent à travailler dessus en fouettant l'eau circulairement avec une violence inouïe. Il y a, dans un coin de ce petit tableau, un navire dont les voiles ont été précipitamment carguées. Il lui serait dangereux d'aborder ces trombes qui, sur terre, brisent souvent les plus gros arbres et renversent des maisons.

Voici comment s'opère cette segmentation. La figure représente maintenant en coupe et en plan une tache du Soleil. Sur le plan vous voyez que la tache

s'est allongée et qu'une sorte de pont lumineux a subitement traversé le noyau noir (*fig.* 32). C'est le commencement d'un dédoublement; c'est que la gyration première s'est coupée en deux. Les deux tourbillons se forment chacun un entonnoir que vous voyez déjà séparés sur la coupe et tendant à se séparer tout

Fig. 32.

à fait, à s'isoler. Veut-on savoir comment s'est formé ce pont lumineux au travers du noyau? Ce sont tout bonnement quelques bouffées de vapeurs ascendantes que le tourbillon rejetait d'abord autour de lui; elles ont profité de l'intervalle laissé maintenant entre les deux entonnoirs et s'y sont glissées en montant. Elles ont ainsi formé, à la ligne de séparation des deux trombes, une série de petits nuages pareils à ceux de la pénombre. Bientôt les deux entonnoirs se com-

pléteront et s'écarteront ; alors de nouveaux nuages iront se former entre eux. Enfin il y aura là une bande photosphérique, et les deux taches apparaîtront avec leurs pénombres distinctes, tout aussi complètes que la tache mère.

Voici, non plus un dessin, mais une photographie qui vous représentera le phénomène pris sur le fait (*fig.* 33).

C'est plus qu'un dédoublement, car il arrive aussi

Fig. 33.

qu'une grande tache solaire, tout comme un cyclone terrestre, engendre à la fois une dizaine de tourbillons séparés. Voilà une tache de ce genre : pour suivre jusqu'au bout l'analogie que je désire faire saisir, il faudrait figurer, comme sur la figure 30, un mouvement tournant terrestre engendrant plusieurs trombes à la fois.

Voici d'ailleurs la difficulté qui s'est opposée jusqu'ici à ce que l'on comprît ces analogies si frappantes. Nous voyons les taches en projection horizontale, comme un entonnoir dont on tourne devant nous l'embouchure, tandis que nous voyons les trombes en élévation, comme un entonnoir posé verticalement sur son tuyau. C'est bien le même objet, mais vu sous deux aspects si différents qu'on ne le reconnaît plus si l'on n'est pas familiarisé avec les règles du dessin ou de la perspective.

Circulation de l'hydrogène et protubérances roses.

Tout ce qui suit est pour ainsi dire évident de soi. Dans nos fleuves, les tourbillons entraînent en bas l'eau de la surface. Cette eau sort en bas du tourbillon, après avoir travaillé sur le lit du fleuve, sans avoir la moindre tendance à remonter. Ce sont seulement les objets légers, le bois, les glaçons engloutis qui remontent à la surface. Dans l'atmosphère, les tourbillons entraînent aussi l'air d'en haut ; mais celui-ci se comprime de plus en plus en descendant, et, quand il sort tumultueusement du pied de la trombe, après avoir travaillé sur le sol ou sur la mer, il est à peu près aussi dense que l'air ambiant et ne remonte guère (1). Sur le Soleil les choses se passent autrement. C'est l'hydrogène de la chromosphère que les tourbillons engloutissent, et vous voyez qu'en effet la chromosphère est sensiblement déprimée au-dessus de la tache, absolument comme dans une expérience

(1) Sauf le cas des tourbillons secs, c'est-à-dire n'entraînant pas avec eux des cristaux de glace ou des vésicules nuageuses à l'état de surfusion.

précédente vous avez constaté que le niveau de l'eau était déprimé au-dessus de l'embouchure du tourbillon aqueux. Or l'hydrogène est le plus léger de tous les gaz; il a beau être comprimé à son arrivée dans les couches profondes, il n'en reste pas moins plus léger que ce milieu ambiant chargé de vapeurs métalliques; il tend donc à remonter. Il remonte effectivement tout autour du tourbillon, d'une manière tumultueuse; il soulève un peu, en passant, les nuages de la photosphère (1), traverse la chromosphère en vertu de sa vitesse acquise et de sa sur-

Fig. 34.

chauffe, et finalement jaillit dans le vide presque parfait qui règne autour du Soleil. Là il se dilate sous les formes les plus capricieuses et retombe finalement dans la chromosphère, dont le niveau reste à peu près constant malgré cet afflux continuel, parce qu'il ne s'agit là que d'une simple circulation.

(1) Produisant ainsi les facules.

Voici une série de dessins de ces protubérances roses qu'on ne voyait autrefois qu'à la faveur d'une éclipse totale, mais que le spectroscope nous permet aujourd'hui d'observer chaque jour (*fig.* 34 et 35). Elles jaillissent toujours autour des grandes taches et

Fig. 35.

là elles ont des dimensions étonnantes. Mais les pores en produisent aussi; seulement celles-là sont moins hautes, plus diffuses, et n'offrent pas trace des vapeurs métalliques que les éruptions plus violentes autour des grandes taches entraînent avec elles.

Résumé.

En résumé, le Soleil est une vaste machine thermique organisée de manière à rayonner indifféremment, vers toutes les régions de l'espace, une énorme provision de chaleur avec une constance et une durée merveilleuses.

Le foyer est la masse même de l'astre, douée, dès l'origine, d'une prodigieuse quantité de calorique que la contraction progressive de la masse entière contribue à alimenter. La source de froid est l'espace céleste qui ne reçoit que les radiations des autres astres, infi-

niment affaiblies par l'énorme distance qui sépare les soleils les uns des autres. Le condenseur, c'est la photosphère. Le moyen de régularisation, c'est l'invariabilité naturelle de la température à laquelle se produisent les combinaisons chimiques, et de celle où elles se détruisent.

Le jeu de la machine consiste en courants ascendants et descendants, les uns charriant des vapeurs, les autres des substances solides et refroidies. Le moyen de transport de la chaleur, du centre à la superficie, consiste en ce que ces substances solides ou oxydées empruntent aux couches centrales, pour se dissocier, une quantité de chaleur que leurs vapeurs reportent plus haut dans la photosphère, ou reproduisent en se combinant.

Comme conséquence indirecte, mais inévitable, du double jeu de ces courants, la rotation est altérée; il se produit, dans les couches superficielles, des courants parallèles à l'équateur; dans ces courants se forment des tourbillons de toute grandeur qui en suivent la marche.

Il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie qui existe, au point de vue mécanique seulement, entre le Soleil et la Terre. La chaleur interne de la Terre ne joue plus aujourd'hui qu'un rôle insignifiant : tout se règle sur la chaleur reçue du Soleil. Néanmoins nous avons aussi un foyer, une chaudière et un condenseur, c'est-à-dire tout ce qu'il faut pour constituer une machine thermique. Le foyer et la chaudière, c'est le sol et la surface des mers qui reçoivent et qui absorbent la chaleur du Soleil. L'eau des mers fournit la vapeur; l'atmosphère fournit le gaz.

Le condenseur, c'est aussi le froid de l'espace céleste; il règne tout autour du globe. Aujourd'hui il y a de plus un second condenseur : c'est le froid des pôles. Pour en faire abstraction et faire ressortir l'analogie du mécanisme solaire avec le mécanisme terrestre, reportons-nous à l'époque carbonifère des géologues où les pôles jouissaient d'une température fort peu différente de celle des zones tropicales. Alors la vapeur formée en bas montait verticalement tout autour de la Terre et allait se condenser à deux niveaux différents, celui des nuages ordinaires formés de vésicules aqueuses, celui des cirrhus formés d'aiguilles solides de glace. Nulle part on ne voyait le ciel bleu ni les astres qui s'y peignent en perspective. De toute cette enveloppe de cirrhus pleuvait une neige cristallisée fondant un peu plus bas et tombant sur le sol sous forme de pluie. Il devait en résulter une altération sensible dans la rotation des hautes régions de l'atmosphère. Mais les courants résultants étaient alors, comme ils le sont encore sur le Soleil, parallèles à l'équateur. Les tourbillons, c'est-à-dire les cyclones, marchaient de l'est à l'ouest sans dévier vers les pôles. La constitution météorologique était simple : ciel couvert uniformément; isothermes et courants supérieurs dirigés suivant les parallèles terrestres.

Plus tard une certaine modification s'est produite : les contrées polaires sont devenues deux condenseurs additionnels (1), tandis que le foyer et la chaudière

(1) Il faut y joindre de hautes montagnes condensant la vapeur d'eau et formant, à diverses époques, postérieures à celle dont nous venons de parler, des glaciers plus ou moins étendus.

Ces accidents de la surface du sol sont eux-mêmes des conséquences

se sont rétrécis dans les zones torrides. Dès lors le fonctionnement de la machine terrestre a changé, mais toujours sur les mêmes principes. Outre les courants parallèles à l'équateur de l'époque précédente, nous avons maintenant de vastes courants à peu près horizontaux, déterminés par les deux condenseurs polaires. Les courants résultants, combinés avec la rotation d'ensemble, ont pris une allure bien différente. Il est aisé de se représenter, sans figure, les courants supérieurs actuels au sein desquels naissent des tourbillons analogues aux taches et aux pores du Soleil, c'est-à-dire les cyclones et les typhons, les tornados et les trombes.

Près du point de départ, ils se meuvent à peu près dans le sens de l'équateur, comme à la première époque géologique, mais en déviant insensiblement vers l'un et l'autre pôle. Bientôt cette déviation s'accentue. Au delà de 30° de latitude boréale ou australe, ils marchent vers l'est et le pôle à la fois, ce qui leur donne, sur les deux hémisphères, des formes paraboliques dont la symétrie par rapport à l'équateur est tout aussi frappante qu'à l'époque précédente.

---

de la présence des pôles de froid. En effet, l'action du froid polaire, propagé incessamment au fond des mers par les courants inférieurs, a activé puissamment le refroidissement de l'écorce sous-marine. Celle-ci est devenue bien plus épaisse que la croûte émergée. De là des différences de pression sur le noyau fluide intérieur, et par suite la série des phénomènes géologiques compris sous les noms de *ruptures de l'écorce, mouvements de bascule des fragments, soulèvements de chaînes de montagnes,* etc., qui se sont produits pour rétablir l'équilibre des pressions et maintenir la figure mathématique primitive du globe (*voir* à ce sujet la coupe que j'ai donnée de l'écorce terrestre par le plan du parallèle de 30° de latitude nord, dans la partie géodésique du *Cours d'Astronomie de l'École Polytechnique*).

Les cyclones qui naissent dans ces fleuves aériens en suivent les courants. C'est ainsi que nous autres Européens nous recevons les tempêtes qui ont déjà sévi en Amérique. Ces tempêtes traversent les mers suivant des trajectoires si régulières que les bureaux du *New-York Herald* sont en état d'en tracer la marche d'après les observations recueillies sur le territoire de l'Union, et de nous les annoncer par le télégraphe plusieurs jours d'avance. L'importance de ces admirables annonces est telle que les nations du vieux monde, au lieu d'en laisser le soin aux rédacteurs d'un journal, auraient dû organiser depuis longtemps, aux États-Unis et dans les îles de l'Atlantique, des établissements météorologiques internationaux chargés d'étudier ces trajectoires et de nous télégraphier, plus exactement encore que le *Herald* américain, si c'est possible, l'arrivée de ces immenses et dangereux tourbillons.

Comme sur le Soleil, tout ce qui se passe sur notre hémisphère nord se répète symétriquement sur l'hémisphère sud. Les trajectoires des tempêtes dans l'Océan Indien ou dans le Pacifique austral sont des espèces de paraboles symétriques des nôtres : nos cyclones tournent de droite à gauche ; ceux du sud tournent de gauche à droite. Même figure du reste, même puissance mécanique, même tendance à grandir, à se segmenter, même possibilité de les annoncer d'avance d'un point à l'autre de leur parcours ordinaire. Ai-je besoin de dire qu'ils sont descendants sur la Terre comme sur le Soleil ?

Il est remarquable que ce soit l'étude du Soleil qui nous fait mieux comprendre la Météorologie terrestre.

Avant cette étude, la météorologie dynamique était butée contre une idée fausse : on était persuadé que les tourbillons terrestres, les cyclones, les typhons, les trombes étaient des phénomènes purement déterminés par des particularités locales, qu'ils naissaient au ras du sol et qu'ils montaient de là vers les nuages. Les années s'écoulaient sans que cette science enrayée pût faire un seul pas en avant. Ce pas décisif, elle l'a franchi aujourd'hui, grâce à la théorie du Soleil (1).

Mais cette digression a un autre but. J'ai parlé plusieurs fois du rôle que les tourbillons cartésiens jouent dans la nature : ici je les montre à l'œuvre sur le Soleil et dans notre atmosphère.

Il me semble impossible de s'en passer lorsqu'on veut se rendre compte de la formation de notre monde. Newton et Kant n'y ont pas réussi. Quant à Laplace, il a éludé la difficulté en se donnant, par hypothèse, la rotation même du Soleil, de même qu'il s'en était donné l'incandescence.

---

(1) *Voir*, à ce sujet, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, années 1875 et 1877.

CHAPITRE XIII.

FORMATION DE L'UNIVERS ET DU MONDE SOLAIRE.

Il n'y a pas un mot dans cette théorie du Soleil qui ne s'applique aux autres étoiles. Les étoiles ont donc été formées, comme le Soleil, par la concentration progressive de matériaux sans chaleur ni lumière, disséminés primitivement dans l'espace.

De là une notion toute nouvelle et du caractère le plus positif. Chaque étoile doit à son mode de formation une provision de chaleur essentiellement limitée. Il n'est pas permis, comme Laplace croyait pouvoir le faire, de doter hypothétiquement un soleil d'une quantité de chaleur indéterminée. Celle qu'il a dépensée et celle qu'il possède encore dépendent de sa masse et de son volume actuel.

Considérez maintenant cette simple statistique de la page 200. La proportion des étoiles blanches ou légèrement jaunâtres est de 95 pour 100; celle des étoiles rouges et variables, voisines de la phase d'extinction, est de 5 pour 100. Ces astres étant, non pas égaux sans doute, mais à peu près du même ordre de grandeur, et n'étant dotés que d'une provision de chaleur limitée, doivent être à peu près contemporains. Je veux dire que leur formation remonte à une même époque, en prenant ce mot dans un sens très large; car, s'ils s'étaient formés à des dates quelconques dans

la suite infinie des temps, nous aurions certainement des proportions toutes différentes d'étoiles en pleine activité et d'étoiles sur leur déclin.

L'indépendance actuelle des mondes n'a donc pas toujours existé, et nous voyons ici se dessiner, dans le temps, l'idée d'une origine commune, de même que l'aspect de la Voie lactée nous indique un plan général de distribution dans l'espace.

Les matériaux premiers de ce monde ont donc fait partie, au commencement, d'un chaos universel dont ils se seront ensuite séparés et isolés peu à peu, en vertu de mouvements antérieurement imprimés à toute cette matière.

Cette conception n'est pas nouvelle, on la retrouve au début de toutes les cosmogonies, et jamais elle n'a été mieux formulée que sous la plume de Descartes :

Permettez pour un peu de temps à votre pensée de sortir hors de ce monde pour en venir voir un autre tout nouveau, que je ferai naître devant vous dans les espaces imaginaires....

Entrons si avant dans ces espaces que nous puissions perdre de vue toutes les créatures que Dieu fit il y a cinq ou six mille ans, et, après nous être arrêtés là en quelque lieu déterminé, supposons que Dieu crée autour de nous tant de matière que, de quelque côté que notre imagination se puisse étendre, elle n'y aperçoive plus aucun lieu qui soit vide. Supposons que, de ces matériaux, les uns commencent à se mouvoir d'un côté, les autres d'un autre; les uns plus vite, les autres plus lentement..., et qu'ils continuent par après leur mouvement suivant les lois ordinaires de la nature : car Dieu a si merveilleusement établi ces lois, qu'encore que nous supposions qu'il ne crée rien de plus que ce que j'ai dit, et même qu'il ne mette en ceci aucun ordre ni proportion, mais qu'il en compose un chaos le plus confus et le plus embrouillé que les poètes puissent décrire, elles sont suffisantes pour faire que les parties

de ce chaos se démêlent d'elles-mêmes, et se disposent en si bon ordre qu'elles auront la forme d'un monde très parfait, et dans lequel on pourra voir non seulement de la lumière, mais aussi toutes les autres choses, tant générales que particulières, qui paraissent dans ce vrai monde.

Cette idée, disais-je, n'est pas nouvelle; mais, pour les Anciens, c'était une simple conception métaphysique. Pour nous, elle résulte de l'observation et du calcul ; elle en possède la certitude ou du moins la haute probabilité.

Faisons maintenant un pas de plus. Ces mondes sont tous animés de vitesses formidables en divers sens. C'est ainsi que notre propre système se meut tout d'un bloc, avec ses planètes et ses comètes, vers la constellation d'Hercule ; sa vitesse est quinze fois plus grande que celle d'un boulet de canon. Ces mouvements gigantesques proviennent en partie de ceux qui ont animé et décomposé le chaos primitif. Je dis en partie seulement, car l'indépendance mutuelle de ces mondes n'est pas assez complète pour qu'on puisse leur appliquer la loi de la conservation du mouvement du centre de gravité dans un système de corps soumis à leurs seules actions mutuelles. Il en est autrement des rotations et circulations qui accompagnent ces grands mouvements de translation. Là, la loi des aires est applicable, et, puisque nous voyons les étoiles doubles, ainsi que notre propre monde, tourner, en marchant, autour de leurs centres de gravité, il faut en conclure que ces rotations, ces circulations datent de l'origine, non sous leur forme actuelle, mais sous celle de gyrations équivalentes.

Or, dans le chaos primitif animé de mouvements

divers, de telles gyrations devaient se produire sur une grande échelle. C'est un fait général que les courants de matériaux plus ou moins fluides et reliés par des forces même très faibles, courants dans lesquels les filets contigus possèdent des vitesses tant soit peu différentes, ont une tendance marquée à engendrer des tourbillonnements plus ou moins réguliers et persistants. Nous venons d'en voir des exemples frappants sur le Soleil et dans notre propre atmosphère. Nous en avons trouvé dans la forme spiraloïde de certaines nébuleuses, et avec quelque probabilité dans l'immense circonvolution de la Voie lactée elle-même. Donc nous croyons pouvoir dire :

A l'origine, l'univers se réduisait à un chaos général excessivement rare, formé de tous les éléments de la Chimie terrestre plus ou moins mêlés et confondus. Ces matériaux, soumis d'ailleurs à leurs attractions mutuelles, étaient dès le commencement animés de mouvements divers qui en ont provoqué la séparation en lambeaux ou nuées. Ceux-ci ont conservé une translation rapide et des gyrations intestines plus ou moins lentes. Ces myriades de lambeaux chaotiques ont donné naissance, par voie de condensation progressive, aux divers mondes de l'univers.

Ici se place une déclaration nécessaire. Descartes et tous ceux qui ont tâché d'expliquer l'univers débutent, implicitement ou explicitement, par l'intervention d'une puissance créatrice, car ils prennent comme nous, pour point de départ, un état de choses, *le chaos*, dont il est impossible de rendre compte par les lois de la nature. Parmi ces lois, la principale, l'attraction universelle, est précisément l'opposé de toute tendance à la diffusion de la matière. Dailleurs le chaos

n'est pas chose aussi simple qu'on pourrait le croire de prime abord. Il contenait à l'état d'énergie de position ou, comme on le dit quelquefois, d'énergie non kinétique, toutes les énergies passées et présentes de l'univers sous quelque forme qu'elles se manifestent aujourd'hui, mouvement, électricité, lumière ou chaleur, même celle qui préside aux actes des êtres vivants et à la partie matérielle du travail de la pensée humaine. Dans la vie de l'univers et de notre propre monde solaire, une faible part de cette énergie primitive se conserve indéfiniment, sous forme de mouvement, là où un certain état de stabilité s'est trouvé réalisé; le reste sous forme de chaleur est l'objet d'une effroyable déperdition. Ainsi, pour ne parler que du Soleil, sur 67 millions de rayons de chaleur et de lumière que cet astre envoie dans l'espace indéfini, un seul est reçu et utilisé par les planètes qui circulent autour de lui. Or, bien que le pouvoir de pénétration de nos yeux ait été centuplé par l'invention des lunettes et la construction des grands télescopes, nous ignorons ce que devient cette colossale énergie qui file incessamment dans l'espace sous forme de lumière et de chaleur; impossible de concevoir comment elle pourrait d'elle-même converger, en d'autres régions, vers d'autres matériaux. On a beau dire que l'univers est une série indéfinie de transformations, que ce que nous voyons résulte logiquement d'un état antérieur, et ainsi de suite dans le passé comme dans l'avenir, nous ne voyons pas comment un état antérieur aurait pu aboutir à l'immense diffusion de la matière, au chaos d'où est certainement sorti l'état actuel. Il faut donc ici débuter

par une hypothèse et demander à Dieu, comme le fait Descartes, la matière disséminée et les forces qui la régissent.

Il semblera tout d'abord bien difficile qu'une hypothèse aussi simple rende compte de cette profusion de formes que nous venons de classer dans l'un des Chapitres précédents, de ces nébuleuses, de ces amas d'étoiles, des étoiles isolées, des étoiles doubles et triples, et par-dessus tout de notre propre monde tout plat, avec son soleil central, ses planètes qui sont elles-mêmes des mondes en miniature, de ses milliers de comètes. On nous accordera du moins que les conditions initiales et les forces étant données pour un lambeau chaotique, les lois de la Mécanique doivent faire connaître le monde qui en sortira.

Formation d'une étoile isolée.

Si nous prenions un cas tout à fait idéal, celui d'un amas sphérique homogène, sans mouvements intérieurs d'aucune sorte, les molécules tendraient en ligne droite vers le centre ; l'amas se condenserait régulièrement sans perdre son homogénéité, et finirait par produire une sphère incandescente parfaitement immobile. Ce serait, si l'on veut, une étoile, mais une étoile sans satellites, sans rotation, sans mouvement propre. Je doute qu'il y en ait beaucoup de ce genre dans le ciel.

En réalité, chaque lambeau détaché du chaos général avec une vitesse de translation considérable, et devenu indépendant de toute action extérieure, a été longtemps soumis à celles des parties voisines

dont il s'est séparé. Nous ne saurions donc négliger ni le mouvement d'ensemble, ni les mouvements intestins qui empêcheront les diverses parties de tendre vers le centre en ligne droite. Admettons seulement que les gyrations s'y soient réciproquement compensées et que la sphéricité et l'homogénéité subsistent. La gravitation vers le centre étant proportionnelle à la distance, les particules décriront, en tombant avec une lenteur extrême, non plus des lignes droites, mais des ellipses concentriques à l'amas et parcourues toutes dans le même temps.

Deux résultats fort différents peuvent dès lors se produire : ou bien les matériaux se réuniront en une multitude de petites masses, sans que le centre éprouve d'augmentation prépondérante ; alors vous aurez un amas sphérique d'étoiles circulant toutes dans le même temps autour de ce centre idéal ; ou bien la condensation centrale l'emportera énormément sur les partielles, et alors vous aurez finalement une étoile centrale accompagnée d'une foule de petits corps rapidement éteints. Le premier système se rapproche évidemment de ces amas si réguliers d'étoiles dont on a vu plus haut deux exemplaires (p. 209).

Les orbites seront, comme je le disais tout à l'heure, des ellipses ayant toutes leur centre au centre de gravité et de figure de l'amas. Les durées des révolutions seront égales et, si les intervalles de ces orbites sont grands, les chances de collision étant écartées, ce système pourra jouir d'une véritable stabilité.

Dans le second système, celui d'un soleil prépondérant au centre, les ellipses décrites par les petits corps devenus des satellites se transformeront à me-

sure que le soleil central augmentera de masse ; elles deviendront finalement des ellipses ayant, non plus leur centre, mais leur foyer au centre de l'amas, et les durées des révolutions varieront, de l'une à l'autre, conformément à la troisième loi de Kepler. Nous aurons ainsi un soleil central entouré d'une multitude de petits corps obscurs fort semblables à nos comètes.

Mais, parce que dans les deux cas nous supposons qu'il n'y a point eu de gyration originelle, la somme des aires, décrites par les rayons vecteurs de tous ces mobiles projetés sur un plan quelconque, sera toujours nulle. Si l'un des soleils du premier cas, ou l'une des comètes du second, circule de droite à gauche, un autre soleil ou une autre comète de même masse circulera de gauche à droite. C'est ainsi que, dans notre système, une moitié, à peu près, des comètes est directe, l'autre moitié rétrograde.

Formation des étoiles doubles.

Le cas le plus général, au contraire, serait celui d'un amas non sphérique, non homogène et animé de tourbillonnements susceptibles de se résoudre en une gyration unique.

La condensation, commencée depuis longtemps partout, continuera dans ces conditions nouvelles ; elle s'opérera autour de quelques centres d'attraction déterminés par la figure de l'amas et la distribution des densités, et finira par former deux ou trois globes séparés, deux ou trois étoiles voisines. Mais une partie des matériaux étant animée d'une lente gyration dans un sens déterminé, leur condensation devra repro-

duire à toutes les époques la même somme des aires. Cette loi fondamentale ne sera satisfaite que si les agglomérations finales circulent l'une autour de l'autre, et comme, dans la série des mouvements des corpuscules se précipitant vers des corps distincts, il n'a dû se présenter aucun moyen de régularisation capable d'imprimer la forme circulaire à leurs trajectoires, les étoiles finales, associées par couples, décriront des ellipses plus ou moins excentriques, ayant leur foyer commun au centre de gravité. Voici en effet un Tableau complet des excentricités des orbites des étoiles doubles jusqu'ici déterminées (1) :

Étoiles doubles.

Noms des étoiles.	Excentr.	Révolut. ans.
η Cassiopée	0,62	222
36 Andromède	0,65	349
p Éridan	0,38	118
Sirius	0,61	49
1037 Σ	0,63	15
ζ Écrevisse	0,47	43
ω Lion	0,54	100
ν Lion	0,87	296
ξ Grande Ourse	0,42	61
γ Vierge	0,87	175
42 Bérénice	0,48	26
25 Ch. de chasse	0,66	125
α Centaure	0,67	85
ξ Bouvier	0,71	127
i Bouvier	0,71	261
η Cour. bor.	0,26	44
μ_2 Bouvier	0,57	296

(1) On a omis deux ou trois étoiles mal déterminées, α Gémeaux, ξ Balance, dont l'extrémité serait très faible, et δ du Cygne.

Noms des étoiles.	Excentr.	Révolut. ans.
γ Cour. bor.	0,35	96
σ Cour. bor.	0,75	846
λ Ophiuchus	0,49	240
ζ Hercule	0,42	34
τ Ophiuchus	0,61	218
p Ophiuchus	0,47	94
ν Cour. bor.	0,70	56
ζ Verseau	0,65	1578
3062 Σ	0,46	104

Ici rien ne règle le partage des matériaux entre les divers centres de condensation. Dans certains systèmes les deux étoiles seront égales : ainsi les composantes de γ de la Vierge sont toutes deux de 3^{e} grandeur; ζ du Verseau, de 4^{e}; ν de la Couronne australe, de 5^{e}; *p* de l'Éridan, de 7^{e}, etc. Dans d'autres le compagnon est bien plus faible que l'étoile principale, comme dans γ du Lion (2^{e} et 4^{e}), α du Centaure (1re et 4^{e}), γ de la Couronne boréale (4^{e} et 7^{e}), ζ d'Hercule (3^{e} et 7^{e}), η de Cassiopée (4^{e} et 8^{e}), Antarès (1re et 7^{e}). L'exemple le plus remarquable est Sirius, dont le compagnon a si longtemps échappé à toutes les recherches.

En fait d'étoiles multiples, je citerai encore θ d'Orion, système formé de quatre étoiles principales des 4^{e}, 6^{e}, 7^{e} et 8^{e} grandeurs, et de deux autres étoiles presque imperceptibles.

Formation du système solaire.

On ne peut véritablement considérer le Soleil comme une étoile double ou multiple. Si Jupiter et Saturne étaient encore à l'état d'incandescence, un observateur posté près de α du Centaure, avec une très puis-

sante lunette, le verrait triple, c'est-à-dire accompagné de deux points lumineux. Mais il y a, entre notre système et les précédents, une différence dont le lecteur sera frappé à la simple inspection du Tableau suivant :

SYSTÈME SOLAIRE.

Planètes.

Noms.	Excentricités.	Révolutions.
Mercure	0,21	3 mois.
Vénus	0,007	7 »
La Terre	0,017	1 an.
Mars	0,09	2 ans.
Petites planètes	de 0,04 à 0,34	3-5 ans.
Jupiter	0,05	12 ans.
Saturne	0,06	29 $\frac{1}{2}$ ans.
Uranus	0,05	84 ans.
Neptune	0,01	165 »

Vous voyez que les orbites des satellites du Soleil sont presque circulaires, sauf celles de Mercure et des insignifiantes petites planètes.

Que ces mouvements révolutifs autour de l'étoile principale soient très excentriques ou presque circulaires, peu importe au point de vue mécanique : la cause première est toujours la même. Ils proviennent des tourbillonnements que les amas primitifs emportaient avec eux dans leurs mouvements de translation rectiligne. Mais le cercle est un cas tellement particulier de l'ellipse, qu'on ne devait guère s'attendre à le voir réalisé sur une si grande échelle dans un système quelconque. Il faut donc que, parmi les conditions initiales de notre lambeau chaotique, il s'en soit trouvé une qui ait empêché les gyrations de dégénérer en mouvements elliptiques, et qui ait rectifié

d'abord et fermement conservé ensuite la forme à peu près circulaire à travers toutes les péripéties.

Formation d'anneaux circulaires.

Ainsi, pour qu'une étoile ait des compagnons grands ou petits, circulant autour d'elle ou autour du centre de gravité du système dans un sens déterminé, il faut que le chaos partiel d'où elle est sortie ait possédé, dès l'origine, un lent mouvement tourbillonnaire affectant une partie de ses matériaux. Si, de plus, ce chaos partiel a été à peu près rond et homogène à l'origine, nous allons voir que ces gyrations auront pris en partie et conservé la forme circulaire.

Je prie le lecteur de ne pas perdre de vue la faible densité du milieu où vont s'opérer une suite de métamorphoses mécaniques. Nous parlions, au Chapitre précédent, d'un milieu contenant 3250^{g} de matière par myriamètre cube : il faut aller ici bien plus loin et n'en supposer peut-être que 3^{g} ou moins encore. Dans un milieu pareil les petites agglomérations de matériaux qui se seront formées un peu partout se mouvront donc comme dans le vide absolu ; seulement les modifications se succéderont avec une lenteur extrême. Les premiers rudiments d'un monde dépensent beaucoup de temps et fort peu de chaleur. Plus tard les choses prennent une allure plus vive.

Les mouvements tourbillonnaires que ce lambeau chaotique emporte dans son sein affectent une forme spiraloïde avec des vitesses dirigées à peu près perpendiculairement au rayon vecteur. Ces vitesses vont en croissant vers le centre. Il y aurait donc peu à

faire pour transformer, en partie, un mouvement de ce genre en une véritable rotation, si cette dernière était compatible avec la loi de la pesanteur interne.

Or c'est précisément le propre de ce genre d'amas chaotique de ne permettre aux corps qui s'y meuvent que des révolutions elliptiques ou circulaires concentriques et de même durée. Des portions notables des tourbillons intérieurs pourront donc y prendre l'allure d'un anneau plat, tournant autour du centre avec une même vitesse angulaire, exactement comme si cet anneau nébuleux était un cerceau solide. Il n'y a à cela qu'une condition, c'est que la durée de la gyration de ces particules soit égale à la durée commune de tous les mouvements elliptiques ou circulaires qui se produisent sous l'influence de la force centrale.

Ainsi toutes les particules qui auront la vitesse convenable, dans le plan des gyrations, s'arrangeront immédiatement sous l'influence de la gravité en anneau plat, animé, autour du centre, d'une véritable rotation. Les autres, à vitesses trop grandes ou trop petites, se mouvront dans le même plan, en décrivant des ellipses concentriques à l'anneau. Si ces ellipses sont très allongées, les matériaux qui les parcourent se rapprochent beaucoup du centre où s'opérera une condensation progressive; ils finiront par y être englobés, tout en communiquant au globe central naissant une rotation dans le plan même de la gyration primitive. Si elles diffèrent peu d'un cercle, la faible résistance du milieu suffira pour uniformiser la vitesse et disposer les matériaux en anneaux tournant comme le premier.

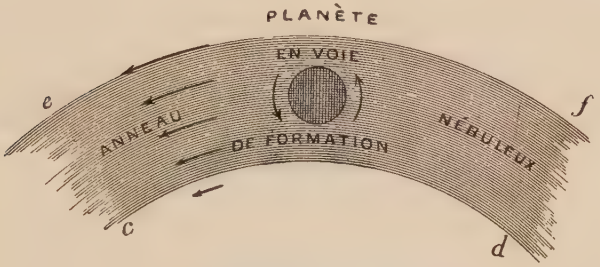
Tels seront les premiers résultats d'un lent mouvement tourbillonnaire préexistant dans un amas sphérique de densité uniforme : 1° formation d'anneaux concentriques tournant d'une seule pièce, à la manière d'un corps solide, autour d'un centre d'abord vide; 2° rotation de même sens communiquée à la condensation centrale qui s'y produira peu à peu, au moyen des matériaux venant, en partie, des régions affectées par le tourbillonnement interne.

Formation de planètes au sein des anneaux.

Ainsi les mouvements tourbillonnaires de même sens dont ce chaos primitif était animé dans une partie de sa masse n'ont pas tardé à se réunir, à se composer en une vaste gyration régulière. Puis celle-ci a donné naissance à des anneaux tournant lentement dans le même sens autour du centre de gravité, bien avant que l'étoile centrale ait pris figure. Dans chaque anneau le mouvement presque rotatoire de l'ensemble laisse longtemps les mêmes molécules en présence, libres d'obéir à leurs attractions mutuelles et de converger, dans la région médiane, vers quelque point d'attraction prépondérante (*fig.* 36). Comme dans chaque anneau les vitesses croissent du bord intérieur *cd* au bord extérieur *ef*, nous retrouvons ici les conditions auxquelles les tourbillons doivent leur naissance, à savoir l'appel, vers un point de convergence, de filets fluides animés de vitesses différentes. L'anneau finira par se décomposer en une suite de tourbillons tournant sur eux-mêmes dans le même sens que l'anneau générateur. Les plus forts attireront à eux les

matériaux du milieu ambiant, et celui qui grossira le plus finira par englober tous les autres, soit par attraction, soit par d'inévitables différences dans les vitesses de circulation. La masse ainsi formée sera sphérique, à peu près homogène ; elle tournera autour d'un axe plus ou moins perpendiculaire au plan de l'anneau.

Fig. 36.



Ce qui favorise, dans un anneau, la formation de ces tourbillons transitoires et leur réunion en un tourbillon unique, englobant toute la matière de l'anneau et même une partie de celle du milieu ambiant, c'est la lenteur du mouvement de cet anneau et surtout la faiblesse de l'attraction centrale. Cette décomposition commencera donc par les plus proches du centre et finira par les plus éloignés.

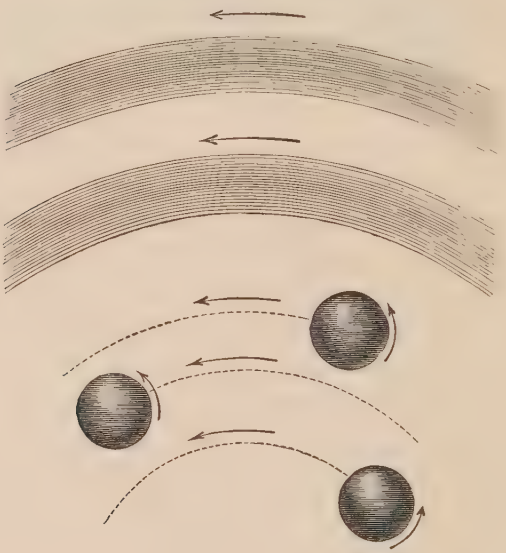
Cette formation sera de longue durée. Pendant ce temps d'autres matériaux, non engagés dans les gyrations primitives, tomberout vers le centre de ce chaos à peine organisé en décrivant toutes sortes d'ellipses concentriques excessivement allongées. Ils se rencontreront dans la région moyenne et produiront là une agglomération d'abord peu sensible, mais qui croîtra peu à peu. Il se formera ainsi une masse centrale à

laquelle accéderont tous les matériaux des gyrations primitives qui n'auront pu se disposer en anneaux réguliers.

Cette agglomération centrale, à peine dessinée, germe du futur Soleil, prendra évidemment une rotation de même sens et dans le même plan que les anneaux.

Ainsi, après un long temps impossible à déterminer, le système présentera l'aspect suivant (*fig.* 37) : les

Fig. 37.



anneaux extérieurs subsistent encore ; mais les plus rapprochés du centre sont remplacés par d'énormes amas chaotiques de forme sphérique, circulant dans le sens direct autour du centre de gravité de l'amas,

et tournant sur eux-mêmes dans le même sens, de droite à gauche. Au centre C, le Soleil est déjà commencé. De toutes parts tombent vers lui des matériaux décrivant de longues ellipses et s'arrêtant au centre lorsqu'ils pénètrent dans cette partie condensée.

La force centrale n'est déjà plus proportionnelle à la distance ; elle est bien loin encore d'être en raison inverse de son carré ; elle a une forme intermédiaire (1), mais, malgré cette modification progressive, les corps qui circulent suivant des cercles persévèrent dans ce genre de mouvement.

Formation des satellites.

Au point où nous sommes parvenus, la masse centrale, encore très faible, n'exerce aucune action sur la figure et les mouvements intérieurs des globes nébuleux qui ont succédé aux anneaux (2). Ces globes, animés d'une rotation directe, vont donc reproduire librement, en petit, les phases précédentes de notre amas chaotique, et même avec plus de netteté encore. Il s'y formera des anneaux circulaires, pendant qu'au

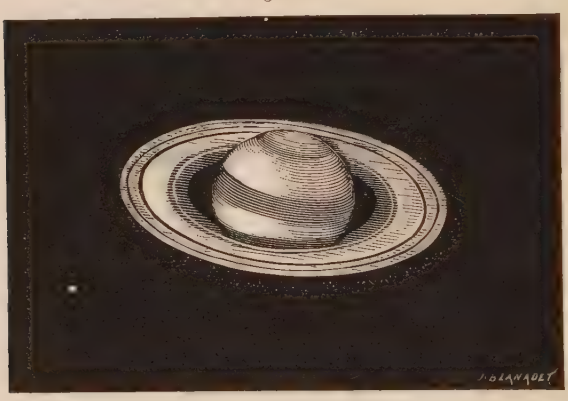
---

(1) Algébriquement, on représente une force proportionnelle à la distance r par le produit Ar de cette distance multipliée par une constante A, et une force inversement proportionnelle au carré de la distance par $\frac{B}{r^2}$. La force de nature intermédiaire dont il est ici question aura pour expression $ar + \frac{b}{r^2}$, a allant en décroissant à partir de la valeur initiale A, b en croissant de zéro à B.

(2) Il n'y a donc pas lieu ici, comme dans l'hypothèse de Laplace, de tenir compte d'énormes marées produites par le Soleil sur les globes nébuleux d'où sortiront les petits mondes planétaires.

centre se dessinera une condensation croissante. Ces anneaux secondaires se déferont à leur tour en donnant naissance à des planètes d'ordre inférieur, à des satellites circulant autour de la planète principale dans le sens de sa rotation. Par une heureuse circonstance, quelques anneaux du petit système de Saturne ont échappé à la destruction et n'ont pas formé de satellites. Les voici (*fig.* 38). Ce sont eux qui ont

Fig. 38.



suggéré à Kant et à Laplace la belle idée de rattacher à des anneaux de ce genre la formation de planètes se mouvant dans des orbites presque circulaires (1).

(1) Mais, si les anneaux de Saturne offrent une illustration frappante de la théorie précédente, il faut avouer que leur conservation indéfinie est un problème embarrassant. Sans doute ces files de particules, sans lien les unes avec les autres, ne sont pas stables dans le sens ordinaire du mot. Si ces anneaux merveilleux se maintiennent, malgré leurs attractions mutuelles et les actions extérieures, c'est grâce à l'extrême rapidité de leur circulation, à l'énorme prépondérance de la masse centrale et à la facilité avec laquelle ils se séparent et se ressoudent alternativement, de manière à éviter les effets destructeurs des forces perturbatrices.

Pendant cette nouvelle métamorphose à laquelle nous devons les systèmes en miniature de Saturne, de Jupiter, de Mars et de la Terre, le Soleil grandit, la force centrale change de plus en plus d'allure. Anneaux non encore décomposés et planètes déjà formées sont forcés de se rapprocher progressivement du centre et d'accélérer leurs mouvements. Les changements ainsi produits se sont opérés sur une échelle presque incroyable. Ainsi des planètes comme la Terre, Vénus et Mercure, qui à leurs débuts mettaient un très long temps à circuler autour du centre à peu près vide de l'amas chaotique, ne mettent plus aujourd'hui qu'un an, sept mois et trois mois. Mais aussi considérez qu'autrefois la plus grande partie de la masse de cet amas se trouvait en dehors de leurs orbites, tandis que désormais cette masse énorme a passé tout entière au centre pour former le Soleil. C'est là, peut-être, ce qu'il y a de plus singulier dans cette série de métamorphoses.

Formation des comètes.

Plus nous avançons, plus les détails se multiplient, mais sans nous obliger à recourir à de nouvelles suppositions. Parmi les matériaux non engagés dans le tourbillon primitif, et décrivant *en tout sens* des ellipses allongées autour du centre, il a dû s'en trouver qui échappèrent à la condensation centrale. Ces matériaux, partis des limites du chaos primitif, ont continué à se mouvoir dans des courbes allongées. Pour ces corps-là, le déplacement des matériaux qui a formé le Soleil n'a pas produit l'accélération que nous

venons de signaler pour les planètes. La durée de la révolution est restée considérable : seulement les orbites primitives sont devenues des ellipses presque paraboliques, ayant leur foyer là où les premières avaient leur centre.

Et précisément parce que ces matériaux n'ont pas participé à la gyration première de droite à gauche, les corps qu'ils ont formés doivent se mouvoir, les uns dans un sens, les autres en sens inverse, de manière à réduire à zéro la somme des aires engendrées par leurs rayons vecteurs. D'ailleurs les plans de leurs orbites n'ont rien de commun avec celui où les planètes se meuvent; ils doivent présenter sur ce plan-là toutes les inclinaisons imaginables. Ce sont les comètes. A toutes les époques on en a trouvé à peu près autant de directes que de rétrogrades.

Satellites rétrogades.

Vous voyez où nous aboutirions si nous ne connaissions, comme au siècle précédent, ni Uranus, ni Neptune : un soleil ayant fini par englober les $\frac{699}{700}$ de l'amas primitif, et tournant sur lui-même de droite à gauche ; une série de planètes circulant aussi de droite à gauche dans le plan de l'équateur solaire ; des systèmes de satellites circulant de droite à gauche autour de ces planètes animées elles-mêmes de rotation de même sens; enfin des centaines de comètes indifféremment directes ou rétrogrades.

Que conclure de là?

Si l'on croit, avec Newton, que les comètes font partie de ce système aussi bien que les planètes, on

dira comme Newton : les mouvements si réguliers et de même sens des planètes et des satellites n'ont point de cause mécanique; car, si les planètes et leurs satellites sont directs, la moitié à peu près des comètes est rétrograde, et ces astres affectent en outre toutes les inclinaisons. Une même cause mécanique aurait imprimé même allure à tous ces corps.

Si l'on se permet, comme Laplace, d'ôter arbitrairement ce qui embarrassait Newton, c'est-à-dire les comètes, on prononcera, au contraire, qu'il a dû y avoir une cause mécanique capable d'imprimer à *tous* les corps de notre système, planètes et satellites, des circulations et des rotations de même sens.

Évidemment ces conclusions diamétralement opposées sont mal fondées toutes les deux. Newton et Laplace croyaient avoir sous les yeux le monde solaire tout entier. Ces deux grands hommes ne pouvaient prévoir que de nouvelles découvertes en tripleraient l'étendue et qu'on y trouverait des satellites rétrogrades. Ils ont trop tôt généralisé les faits connus de leur temps.

La vérité est que, si les planètes se meuvent toutes dans le sens direct, cela tient à ce que les gyrations du chaos primitif avaient lieu dans ce sens-là. L'assertion ne risque pas d'être infirmée par des découvertes ultérieures.

Mais le sens dans lequel une planète tourne sur elle-même avec ses satellites ne tient pas du tout à cette cause ; il tient à la nature de la force centrale. Les planètes formées à l'époque où cette force était à peu près proportionnelle à la distance tournent sur elles-mêmes, avec leurs satellites, dans le sens direct.

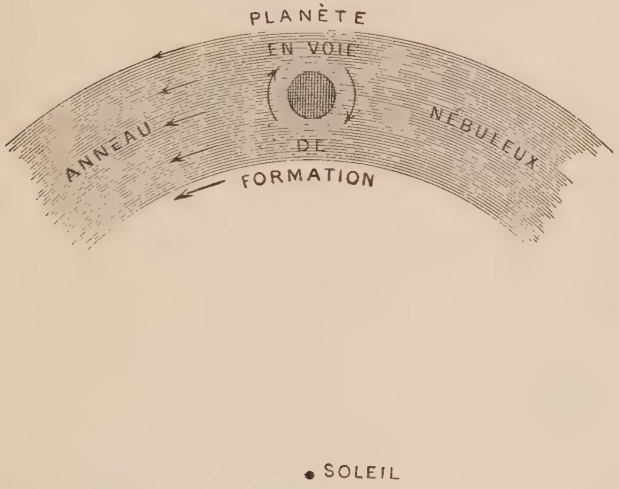
C'est le cas de la Terre, de Mars, de Jupiter et de Saturne. Or, dire que la force centrale était alors proportionnelle à la distance, cela revient à dire que le Soleil n'existait pas. Nous voici donc arrivés à cette conclusion imprévue que ces planètes, la Terre en particulier, sont plus vieilles que le Soleil. On verra, dans le Chapitre suivant, que cette conclusion est confirmée par la Géologie et la Paléontologie, sciences toutes nouvelles qui nous informent de ce qui s'est passé sur notre globe à des époques reculées où le système solaire n'était pas encore complètement achevé.

Mais, plus tard, le Soleil s'est formé par la réunion des matériaux non engagés dans les anneaux; il a fait le vide autour de lui. Alors la loi de la pesanteur à l'intérieur du système a été bien différente. Sous l'action de la masse prépondérante du Soleil (celle des autres corps n'en forme pas la 700^{e} partie), la pesanteur interne est devenue proportionnelle à l'inverse du carré des distances, et tel est encore aujourd'hui l'état des choses.

Dans ce dernier cas, le mode de rotation d'un anneau de matériaux diffus subit un changement profond. Hâtons-nous de dire que ce changement n'empêchera pas l'anneau de subsister; la meilleure manière de le prouver serait de remettre sous vos yeux les anneaux de Saturne qui ont passé par ces péripéties. Les anneaux extrêmes qui avaient échappé jusqu'alors à la destruction, ceux d'Uranus et de Neptune, sollicités par cette forme nouvelle de la pesanteur, au lieu de continuer à tourner tout d'une pièce comme les précédents et de présenter des vitesses

linéaires croissant du bord intérieur au bord extérieur (*fig.* 36, p. 269), se décomposeront en filets circulaires animés de vitesses inversement proportionnelles à la racine carrée de la distance au centre (*fig.* 39).

Fig. 39.



Dès lors les tourbillons qui s'y formeront, à l'époque de la décomposition de l'anneau, tourneront sur eux-mêmes en sens inverse du mouvement de circulation de l'anneau ; ils seront donc rétrogrades, et le globe nébuleux qui finira par les réunir aura lui-même une rotation rétrograde.

Évidemment les satellites qui se formeront au sein de cet amas sphérique seront rétrogrades. Tel est le cas des systèmes d'Uranus (1) et de Neptune, et voilà

(1) Le système d'Uranus présente seul une difficulté particulière. Le plan où se meuvent ses satellites, dans le sens rétrograde, est presque

comment un même système peut présenter à la fois ces deux modes opposés de circulation. Cela tient au long temps exigé pour la formation complète d'un système, et au changement de loi que présente la force centrale à mesure que le chaos initial passe, de l'état d'un vaste amas homogène excessivement rare, à celui d'une puissante condensation centrale.

Voilà donc le système solaire que ni Newton, ni Laplace n'ont connu en entier. La figure suivante en donnera quelque idée.

Elle n'est pas complète : il faudrait superposer, à cet ensemble plat de planètes décrivant des cercles autour du Soleil, et de satellites décrivant des cercles encore plus parfaits autour de leurs planètes, il faudrait placer, dis-je, des milliers de comètes parcourant des orbites très elliptiques dans toutes les directions imaginables, le tout voyageant dans l'espace, sans se disperser, quatorze ou quinze fois plus vite qu'un boulet de canon. Or ces mouvements si com-

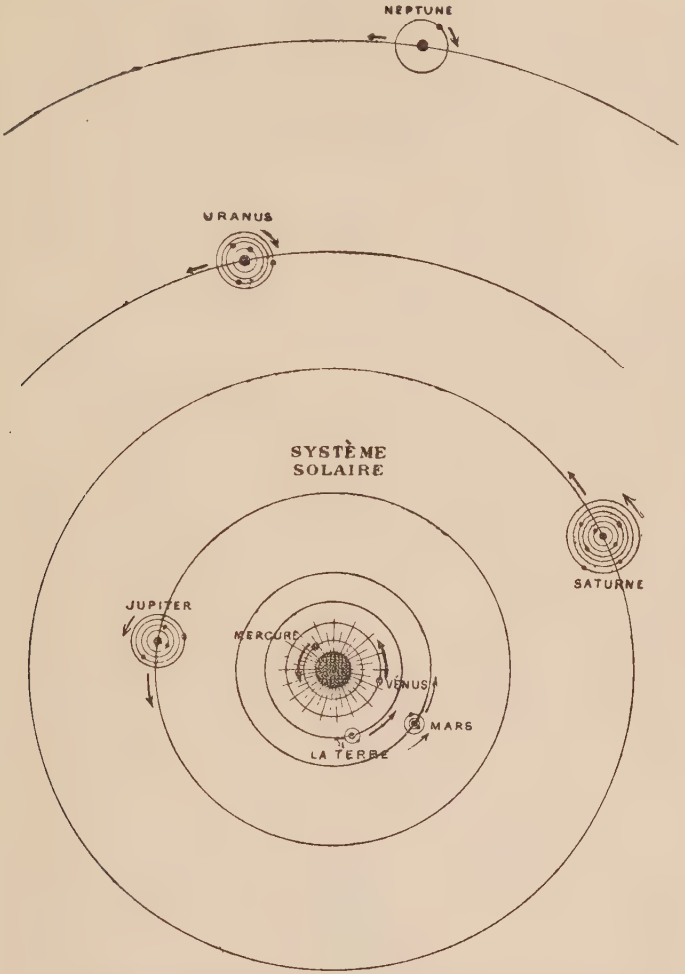
---

perpendiculaire à celui de l'orbite de la planète, c'est-à-dire à celui de l'anneau générateur. Il faut remarquer qu'Uranus a été formé à une époque intermédiaire entre celle des planètes à satellites franchement directs et celle de la planète Neptune à satellite franchement rétrograde. Alors la masse du Soleil croissait rapidement ; la circulation de l'anneau générateur a dû passer du premier mode au second pendant le cours de la formation de la planète.

Il se pourrait donc que la rotation, d'abord directe conformément au premier mode, ait été ensuite forcée de devenir rétrograde vers l'époque de la formation définitive. Le conflit de ces deux tendances, s'exerçant par des additions successives de nouveaux matériaux, dans des plans différents, aura forcé l'équateur primitif de la planète naissante à s'incliner peu à peu sur le plan de l'anneau, de manière à lui devenir perpendiculaire et finalement à dépasser cette position vers le sens rétrograde.

plexes répondent tout simplement à la vitesse et à la

Fig. 40.



direction du chaos primitif, au sens, au moment et au plan de ses gyrations.

CHAPITRE XIV.

CONCORDANCES GÉOLOGIQUES.

La Terre formée avant le Soleil.

Le Soleil dépense annuellement une quantité de chaleur exprimée par

$$3\,535\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000^{cal};$$

prenons-la pour unité.

D'autre part, la chaleur développée jusqu'à ce jour par la formation du Soleil, aux dépens du chaos primitif froid et obscur, est de

$$14\,500\,000 \text{ de ces unités.}$$

Donc le Soleil n'a pu rayonner la chaleur et la lumière avec l'intensité actuelle pendant quinze millions d'années.

Or la longue série des êtres vivants qui ont successivement peuplé la Terre, grâce à une température au moins égale à celle d'aujourd'hui, a exigé, d'après les Biologistes, bien des millions d'années pour leurs transformations successives, depuis les cellules primitives jusqu'aux vers arénicoles, et depuis ceux-ci jusqu'aux mastodontes, jusqu'à l'éléphant méridional dont on admire aujourd'hui le gigantesque squelette fossilisé dans la galerie de M. Gaudry.

Les Géologues qui étudient les nombreuses couches sédimentaires lentement déposées au sein des eaux sur une épaisseur énorme, et les alternatives fréquentes de dépôts lacustres et de dépôts d'origine marine, réclament aussi, d'après les évaluations les plus modérées (1), une vingtaine de millions d'années pour la formation de cette partie de l'écorce terrestre accessible à leurs investigations, savoir :

15 millions pour l'époque primaire,
3 millions pour l'époque secondaire,
2 millions pour l'époque tertiaire.

Malgré le vague de ces estimations, il y a là une contradiction frappante entre les données de l'Astronomie et les exigences de la Géologie et de la Biologie.

Cette contradiction a dû paraître insoluble à ceux qui admettent, avec Laplace, que les planètes sont sorties successivement de la masse du Soleil, car, de sa provision susdite de chaleur, il faudrait défalquer celle qu'il a perdue pendant les formations successives de Neptune, d'Uranus, de Saturne, de Jupiter, des petites planètes, de Mars et de la Terre elle-même.

A moins de fermer les yeux, de rejeter des données gênantes à seule fin de réduire la durée des grands phénomènes de l'Histoire naturelle de notre globe, il faut bien conclure que notre globe est plus ancien que le Soleil; en d'autres termes, les premiers rayons du Soleil naissant ont dû éclairer une Terre

(1) *Traité de Géologie* de M. A. de Lapparent, p. 1255.

déjà consolidée, déjà remaniée par les eaux sous l'influence de la seule chaleur centrale.

Cette conclusion singulière est précisément celle qui ressort de la cosmogonie précédente. Elle a besoin de quelques éclaircissements.

La Terre a été produite, comme tous les astres, par la réunion de matériaux primitivement disséminés dans un espace beaucoup plus grand que ses dimensions actuelles. Si l'on admet pour cet espace une sphère de rayon 200 fois plus grand que celui de notre globe, on trouve que sa chaleur de formation est de 8800^{cal} par chaque kilogramme de matière (1). Avec une pareille chaleur d'origine, la Terre a dû passer par l'état de fusion ignée. C'est grâce à cette fluidité initiale que ses matériaux se sont disposés par ordre de densités décroissantes du centre à la surface. Mais enfin la surface a fini par s'encroûter. Dès lors cette croûte solide, d'abord très mince, a supprimé la radiation lumineuse. A partir de cette époque, la chaleur est restée emmagasinée dans la masse fluide intérieure ; elle n'en pouvait sortir que par la voie excessivement lente de la conduction dans la masse interne et à travers l'épaisseur de l'écorce déjà formée. Aujourd'hui, par exemple, on a calculé que la chaleur interne ne contribue pas pour plus d'un cinquième de degré à la température dont nous jouissons, mais aussi les Géologues attribuent à la croûte terrestre actuelle une épaisseur de dix lieues.

Il n'en était pas ainsi dans les premiers temps. La

(1) On trouverait un nombre de même ordre à très peu près en choisissant un autre rayon, tel que 250 au lieu de 200. Il suffit qu'il soit grand par rapport au rayon actuel de la Terre.

chaleur interne n'avait à traverser qu'une faible épaisseur d'écorce solide : elle devait donc parvenir plus aisément à la surface et se conserver plus longtemps dans les couches basses d'une atmosphère bien plus épaisse qu'aujourd'hui. Ce n'est pas trop de dire que cette chaleur était capable de maintenir les eaux à l'état liquide et même d'en évaporer une partie. Le travail géologique a donc commencé par l'action des eaux et de l'atmosphère, sous forte pression, et sans autre lumière que celle des étoiles.

Dans ces conditions, les 14500000 unités de radiation solaire, dont il faut défalquer, il est vrai, l'énorme provision de chaleur que le Soleil possède actuellement, ont pu largement suffire à toutes les exigences de ces Sciences qui ont fait de nos jours de si merveilleux progrès.

Jusqu'ici les astronomes avaient les coudées franches pour édifier leurs systèmes cosmogoniques. Aujourd'hui il nous faut compter avec deux sciences nouvelles, la Géologie et la Paléontologie, qui nous apportent, sur les époques cosmogoniques, des documents irrécusables. On vient d'en voir un exemple : en voici un second.

Explication du grand phénomène paléothermal.

L'étude de la flore des temps primitifs prouve que, jusqu'au milieu de l'époque secondaire, c'est-à-dire pendant des millions d'années, une végétation essentiellement tropicale a régné sur toute la Terre, de l'équateur aux pôles, à la faveur d'une température uniforme de 20° à 25°. A ces époques reculées, il n'y

avait ni saisons, ni climats, et l'éclairement du globe s'étendait au delà des cercles polaires.

Impossible d'expliquer ce grandiose phénomène, en faisant varier l'obliquité de l'écliptique ou la situation des pôles à la surface de la Terre.

M. le Dr Blandet crut trouver dans l'hypothèse de Laplace le moyen de lever la difficulté. Si, à l'époque primaire, le Soleil avait eu un diamètre angulaire de 47° (double de l'obliquité de l'écliptique), au lieu de son diamètre actuel de 32′, les nuits prolongées et le froid glacial des pôles auraient été supprimés. Or, pensait M. Blandet, cette simple supposition concorde parfaitement avec l'hypothèse cosmogonique de Laplace ; il suffit d'admettre que l'époque géologique en question a coïncidé, à peu près, avec celle où Vénus venait de se former aux dépens de l'atmosphère du Soleil.

Ce savant géologue vint me consulter à ce sujet. Je lui fis remarquer que, dans l'hypothèse de Laplace, alors admise par tout le monde, c'était l'atmosphère excessivement rare du Soleil, et non sa photosphère qui avait successivement occupé, en se contractant, les régions des planètes successives. A l'époque indiquée, le diamètre du Soleil visible devait être tout au plus triple, et non pas 86 fois plus grand qu'aujourd'hui. D'ailleurs, en admettant à toute force son Soleil de 47°, on n'obtiendrait pas une température de 20° à 25° aux pôles sans exagérer énormément la température des autres régions. Mais je ne pouvais alors que lui signaler des difficultés, tandis que M. Blandet voulait des solutions. Ne trouvant pas d'autre issue dans l'ordre des idées du temps, il s'en tint à son hypothèse

et finit par la publier. Elle est aujourd'hui acceptée par des géologues éminents (1).

Avec la nouvelle théorie cosmogonique, ces contradictions disparaissent. La Terre étant plus ancienne que le Soleil, le Soleil tel que nous le voyons aujourd'hui n'existant pas à l'époque primitive, il n'y avait alors ni saisons, ni climats; la température superficielle déterminée par la seule chaleur interne était partout la même, aux pôles comme à l'équateur. Au lieu et place de ce globe éblouissant, à puissante radiation calorifique, que nous nommons le Soleil, il n'y avait que des matériaux épars convergeant de tous côtés vers le centre du système planétaire. Ils y produisaient peu à peu, très lentement, par leur rencontre, un vaste amas faiblement lumineux, émettant à peine un peu de chaleur, sans figure définie. Or il est permis d'attribuer à cet amas des dimensions bien supérieures à celles du Soleil actuel, car, dans cet ordre d'idées, on n'est pas limité par une durée de rotation nécessairement liée à la révolution de telle ou telle planète, comme dans l'hypothèse de Laplace. Ainsi se trouvent réunies bien simplement toutes les conditions du phénomène paléothermal, savoir l'uniformité du climat et l'illumination du globe tout entier.

Il reste à voir si la chaleur de formation du globe a pu y suffire pendant des millions d'années, si la croûte superficielle n'a pas opposé à son passage un obstacle infranchissable, et si la faible lumière d'un Soleil tout à fait rudimentaire est d'accord avec les exigences de la végétation primitive.

---

(1) *Traité de Géologie* de M. de Lapparent, p. 1252 (1re édit.).

I. Pour entretenir aujourd'hui la température superficielle de notre globe (à 16° en moyenne) le Soleil nous verse, par mètre carré et par seconde, 0^{cal}, 1 dont une partie est réfléchie vers l'espace. Supposons que, pour maintenir cette même température à 20°, la chaleur centrale ait dû fournir 0^{cal}, 125 par seconde et par mètre carré, et ce, pendant toute la durée de l'époque considérée, soit 15 millions d'années. La quantité de chaleur dépensée sera de

$$60\,000\,000\,000\,000^{cal}.$$

Or une pyramide ayant un mètre carré de base à la surface du globe et son sommet au centre contient un peu plus de 10000 millions de kilogrammes de matière. A raison de près de 9000^{cal} par kilogramme, sa provision de chaleur (due à la formation de la Terre) est de

$$100\,000\,000\,000\,000^{cal}.$$

Il en reste donc

$$40\,000\,000\,000\,000,$$

c'est-à-dire 3600^{cal} par kilogramme, pour fournir à la déperdition qui répond aux autres époques géologiques beaucoup moins longues, et pour maintenir à l'état de fusion plus ou moins visqueuse le noyau métallique de la Terre.

Ce simple calcul fixe assez bien les idées sur les ressources de la chaleur interne ; il montre qu'il n'y a à craindre de ce côté aucune impossibilité.

II. Il faut en second lieu que cette chaleur ait pu passer à travers l'écorce terrestre malgré le peu de conductibilité des roches et des couches qui la composent. Je m'explique cette longue perméabilité, dont

la croûte actuelle, épaisse de 40^{km}, est si éloignée, par la minceur de l'écorce primitive, et aussi par les courants de convection qui, grâce à la fluidité de la masse interne bien plus chaude qu'aujourd'hui, apportaient la chaleur de cette masse jusqu'à la pellicule superficielle, et s'opposaient ainsi à un rapide épaississement de cette première croûte.

On objectera, il est vrai, la promptitude avec laquelle les laves de nos volcans se recouvrent d'une croûte solide presque imperméable à la chaleur interne. Mais ces laves épanchées sont dans des conditions tout autres que la croûte primitive ; celle-ci a été profondément remaniée par les combinaisons chimiques qui se sont lentement achevées sous les eaux. Nous n'en connaissons guère que la couche de granit qui enveloppe le globe tout entier, et certes celle-ci n'a pas dû sa formation à des actions purement ignées, comme les laves qui viennent aujourd'hui de si grandes profondeurs. Rien n'empêche d'admettre que les couches primitives ont été bien plus perméables à la chaleur, et de fait il faut bien qu'il en soit ainsi puisqu'elles ont donné passage à un refroidissement qui se mesure par des lieues d'épaisseur de la croûte consolidée.

Il faut d'ailleurs se représenter la Terre comme étant recouverte en grande partie par des mers dont les eaux étaient chaudes et non froides comme aujourd'hui, eaux dont la température croissait avec la profondeur au lieu de décroître jusqu'à $-1°$ et $-2°$. Cet état de choses, dont la répartition des anciens polypiers nous donne un exemple, a duré longtemps et n'a changé qu'après la consolidation d'une

partie de l'écorce terrestre qui a dû intercepter plus complètement le flux de la chaleur interne, sauf dans les lieux où cette écorce est restée fracturée jusque dans ses profondeurs. Il faut bien d'ailleurs que la plus grande partie des 9000^{cal} par kilogramme actuellement dépensées ait passé par la croûte solidifiée. Grâce à leur qualité de chaleur obscure et à l'énorme atmosphère humide des anciens temps, elles auront plus aisément contribué à entretenir la température superficielle que ne le fait aujourd'hui la chaleur lumineuse du Soleil.

III. Reste la faiblesse de l'illumination due aux rudiments solaires de l'époque. Ici les paléontologistes nous fournissent eux-mêmes la réponse. Les fougères qui pullulaient alors sont justement des végétaux qui recherchent l'ombre. Les premiers insectes dont on ait retrouvé les restes appartiennent à des familles qui vivent de préférence dans des lieux obscurs. Les premiers animaux articulés terrestres sont des scorpions. Ce n'est donc pas par un excès de lumière que se caractérise la flore secondaire à ses débuts, mais par une répartition uniforme de la chaleur des tropiques s'étendant d'un pôle à l'autre sans variation sensible (1).

Si la chaleur centrale de la Terre et les faibles radiations lumineuses d'un Soleil naissant ont suffi à la flore et à la faune des temps primitifs, il a fallu une lumière plus puissante, un Soleil complet pour donner à la vie végétale et animale ses magnifiques développements ultérieurs. Mais en même temps les cli-

(1) *Traité de Géologie,* de M. A. de Lapparent, p. 1249 (1re édit.).

mats se sont montrés, et la vie a dû se retirer des régions polaires à mesure que la chaleur centrale cessait de se faire sentir. Ainsi les époques géologiques offrent un véritable parallélisme avec les époques cosmogoniques. C'est ce que j'ai tâché de mettre en évidence dans les deux Tableaux suivants.

1er TABLEAU.

Formation du système solaire.

Conditions initiales.

Amas chaotique homogène, à peu près sphérique, au sein duquel régnent de lents mouvements tourbillonnaires affectant une partie seulement de la masse.

1re ÉPOQUE.

Force centrale intérieure de la forme Ar.

Régularisation spontanée des mouvements giratoires, et formation d'anneaux tournant dans un même plan et en sens direct autour du centre de gravité.

Les autres parties de l'amas tombent vers le centre en décrivant en tous sens des ellipses allongées concentriques à l'amas.

2e ÉPOQUE.

Même force centrale à peu près.

Formation des planètes au sein des anneaux les moins éloignés du centre.

Formation de leurs satellites.

Premiers délinéaments de la masse centrale.

3e ÉPOQUE.

Force centrale de la forme $ar + \frac{b}{r^2}$.

Formation lentement progressive du Soleil.

Les planètes se rapprochent du Soleil.

Formation du système rétrograde d'Uranus.

Formation du système encore plus franchement rétrograde de Neptune.

4e ÉPOQUE.

Force centrale de la forme $\frac{B}{r^2}$.

Le Soleil définitivement formé, entouré d'une photosphère stable, ne reçoit plus d'apport extérieur.

Les mouvements du système entrent dans une phase de stabilité définitive.

5e ÉPOQUE.

Même force centrale.

Densité croissante du Soleil; ralentissement des courants verticaux qui alimentent la photosphère.

Extinction de la photosphère.

Encroûtement superficiel du Soleil.

Continuation indéfinie des mouvements astronomiques du système.

2e TABLEAU.

Concordance des époques géologiques avec la cosmogonie.

Période de l'incandescence de la Terre.

Chaleur due au mode de formation. Dans la masse entièrement liquéfiée les couches concentriques se disposent suivant l'ordre des densités. Dimensions notablement plus grandes qu'aujourd'hui, rotation beaucoup plus lente. La forme est celle d'un ellipsoïde de révolution à peine aplati aux pôles de la rotation.

Oxydation des couches superficielles allant en décroissant avec la profondeur.

Vaste atmosphère contenant toute l'eau ainsi produite et les gaz restés libres.

Marées lunaires dans la masse fluide.

PÉRIODE ANTÉZOIQUE.

Extinction du globe.

Formation d'une première croûte solide : suppression immédiate de la radiation lumineuse.

Les eaux commencent à se déposer sur le sol. Remaniement mécanique et chimique de la croûte par les eaux, sous la pression d'une vaste atmosphère.

Les marées lunaires de la masse en fusion, gênées par l'écorce solide, s'atténuent et tendent à disparaître.

PÉRIODE PRIMAIRE.

Éclairement faible dû au Soleil naissant.

La croûte déjà formée s'épaissit lentement et se fendille. La faible pression des marées internes, jointe à la contraction, force la matière en fusion à monter par des fissures et même à s'épancher au-dessus des fragments de l'écorce.

La température superficielle ou aérienne est exclusivement due à la chaleur interne ; elle est la même de l'équateur aux pôles. Ni climats, ni saisons. Les eaux profondes sont chaudes et non pas froides.

Vaste atmosphère protégeant la Terre contre le refroidissement. Courants supérieurs parallèles à l'équateur. Pas de régions sans pluie ; pas de neiges.

Marées océaniques exclusivement lunaires.

Le refroidissement plus rapide du fond des mers détermine un excès de pression de l'écorce sous-marine sur la masse fluide intérieure et provoque l'exhaussement progressif des terres émergées moins épaisses.

Premières radiations lumineuses du Soleil naissant et encore informe.

La Terre est faiblement éclairée, même aux pôles.

Vie végétale et animale se développant uniformément sur toute la Terre.

PÉRIODE SECONDAIRE.

Lumière solaire croissante.

Au début, la vie végétale et animale continue à se développer identiquement par toute la Terre.

La croûte s'épaissit; la chaleur obscure de la Terre diminue. Rotation diurne plus rapide.

Le Soleil prend figure et grandit; la Terre s'en rapproche de plus en plus, et la durée de sa révolution diminue rapidement.

La radiation solaire devenue plus intense commence à compenser la diminution progressive de la chaleur centrale.

Formation des continents et des chaînes de montagnes.

Dans la seconde partie de cette période, les saisons font sentir leur influence. Les climats commencent à se dessiner et à modifier puissamment la faune et la flore secondaires.

Les marées lunaires sont déjà un peu altérées par l'action du Soleil.

PÉRIODE TERTIAIRE.

Pleine illumination solaire.

La contraction du globe se ralentit. L'afflux de la chaleur centrale est réduit à de faibles proportions.

Le Soleil atteint rapidement son maximum d'activité. Il ne reçoit plus d'accroissement dans sa masse. Il est entouré d'une photosphère complète.

La Terre parcourt son orbite définitive.

La vie atteint presque son maximum d'énergie et de développement dans les climats accessibles.

L'atmosphère est réduite à peu près à ses dimensions actuelles.

Vicissitude complète des saisons. Climats polaires et tropicaux. Glaces polaires; leur fusion alternative.

Le mode de refroidissement, dû au froid des pôles, est en plein fonctionnement. Courants polaires sous-marins maintenant une température voisine de zéro au fond des mers.

Le refroidissement toujours plus rapide du fond des mers

détermine la formation des chaînes de montagnes puissantes le long des lignes de fracture.

Apparition des neiges éternelles et des glaciers sur les hautes montagnes.

Les courants atmosphériques supérieurs dévient nettement vers le nord-est, sur notre hémisphère et se localisent. Régions sans pluies.

Phénomènes volcaniques dus à l'injection accidentelle des eaux ou de la vapeur d'eau, à haute pression, dans les couches ignées, par les lignes de fracture s'entr'ouvrant en bas. Formation souterraine de laves foisonnantes et parfois explosives.

Marées pleinement luni-solaires.

PÉRIODE QUATERNAIRE.

Léger déclin de l'activité solaire.

Sauf cet imperceptible déclin, plutôt soupçonné que prouvé (1), cette phase est caractérisée par la disparition de toute influence cosmogonique et l'établissement d'une stabilité parfaite dans toutes les directions. Stabilité des dimensions du système planétaire, stabilité de la radiation du Soleil, stabilité de la constitution chimique de l'atmosphère, enfin stabilité de la rotation et de la figure de la Terre dont l'aplatissement a atteint la valeur actuelle (2).

Le sol seul n'est pas absolument stable; continuation affaiblie des lents mouvements de bascule des fragments de l'écorce terrestre, causés par l'inégal refroidissement de ces fragments, les uns continentaux, les autres sous-marins, et par l'accumulation des sédiments sur ces derniers.

Période glaciaire (hémisphère nord) se rattachant à ces mouvements de bascule.

---

(1) Le Soleil, étoile blanche d'abord et du premier type spectral, à en juger par son énorme provision de chaleur d'origine, est actuellement un peu jaunâtre, et a passé au second type.

(2) La Terre a conservé, à travers toutes ces révolutions, sa figure primitive, celle d'un ellipsoïde de révolution légèrement aplati aux pôles; l'aplatissement seul a changé.

Continuation affaiblie des phénomènes volcaniques.

Depuis longtemps la vie a abandonné les contrées polaires, les hautes cimes et les régions sans pluies (déserts). Elle se particularise de plus en plus sur des habitats déterminés par les climats et le relief du sol.

Persistance au fond des mers d'une faune analogue à celle qui régnait aux époques antérieures.

CHAPITRE XV.

DE LA VIE DANS L'UNIVERS.

J'ai signalé à plusieurs reprises l'hiatus qui s'est produit au XVI^e^ siècle dans les idées cosmogoniques. Pour les Anciens, les notions de Monde et d'Univers se confondent. L'univers est fait pour l'homme ; en dehors de la Terre il n'y a pas d'êtres vivants, mais des essences sidérales, incorruptibles, non sujettes à la génération et à la mort. A partir du XVI^e^ siècle, une idée toute nouvelle surgit. On s'est dit que l'univers doit se composer d'une infinité de mondes ayant chacun, comme le nôtre, un Soleil pour centre, et que ce vaste ensemble ne peut avoir été créé pour rien ; que la Terre, insignifiante sous tous les rapports, ne saurait avoir seule le privilège de porter des êtres vivants et intelligents. Vous avez vu cette idée poindre sous la plume de Newton. Les mondes habités, la vie répandue à profusion dans l'univers sous les formes les plus variées : quel vaste champ pour l'imagination !

Pour l'imagination, soit; mais pour la Science, non. Sur le point de fait la Science est et restera muette.

Cette question de la pluralité des mondes habités a été traitée de main de maître par Fontenelle (1).

(1) *Entretiens sur la pluralité des mondes,* réédités et rajeunis par M. A. Boillot.

C'était, vers la fin du XVII^e siècle, un thème ingénieux propre à familiariser les esprits avec le vrai système du monde, alors peu répandu. Aujourd'hui il serait moins facile d'intéresser le public aux habitants présumés de mondes invisibles.

L'idée que l'univers a été créé pour servir d'habitation à des êtres plus ou moins semblables à nous préoccupe encore des esprits qu'une sorte de discipline intellectuelle n'écarte pas de la recherche des causes finales. Le P. Secchi, par exemple, après avoir décrit en astronome consommé la série des mondes dont l'univers se compose, s'écrie :

> Que dire de ces espaces immenses et des astres qui les remplissent ? Que penser de ces étoiles qui sont sans doute, comme notre Soleil, des centres de lumière, de chaleur et d'activité, destinés comme lui à entretenir la vie d'une foule de créatures de toute espèce ? Pour nous, il nous semblerait absurde de regarder ces vastes régions comme des déserts inhabités ; elles doivent être peuplées d'êtres intelligents et raisonnables, capables de connaître, d'honorer et d'aimer leur créateur ([1]).

C'est assurément une bonne pensée ; mais il faut savoir distinguer ce qui est du domaine de l'imagination pure de ce qui appartient à la science positive. Descartes a nettement tracé cette ligne de démarcation en disant :

> Nous ne nous arrêterons pas à examiner les fins que Dieu s'est proposées en créant le monde, et nous rejetons entièrement de notre philosophie la recherche des causes finales ; car nous ne devons pas tant présumer de nous-mêmes que de croire que Dieu nous ait voulu faire part de ses conseils ; mais,

([1]) SECCHI, *Le Soleil*, p. 417.

le considérant comme l'auteur de toutes choses, nous tâcherons seulement de trouver, par la faculté de raisonner qu'il a mise en nous, comment celles que nous apercevons par l'entremise de nos sens ont pu être produites (1).

Pour certaines sectes philosophiques, l'idée de la vie universelle a une autre portée, c'est une sorte de dogme. Ainsi les matérialistes à la façon d'Épicure ne doutent pas que la vie ne s'étende à tous les astres. Les mêmes forces brutes qui ont peuplé la Terre d'êtres intelligents se retrouvent partout : partout elles doivent aboutir aux mêmes résultats. De même les panthéistes voient partout la substance spirituelle, en lutte avec les entraves de la matière, s'élever peu à peu, sur le théâtre infini et éternel de l'univers, à la vie et à la connaissance de soi. Puis viennent les mystiques, qui croient que les âmes, dégagées des liens du corps, vont d'astre en astre en quête d'une vie nouvelle, toujours plus élevée.

Tous s'accordent à invoquer l'appui de la Science ; ils invitent les astronomes à se prononcer en faveur de leur conception favorite, et s'indignent s'ils rencontrent chez eux des doutes ou des réserves. Certes, un astronome se gardera bien de dire que la Terre seule est habitée, il n'en sait absolument rien ; mais, si on le presse au sujet de la vie universelle, voici ce qu'il répondra : Regardez le ciel et dites-vous bien que, de ces myriades d'astres que les lunettes vous y font voir, aucun n'est habité, puisqu'ils sont tous en pleine incandescence. Aucun ne le sera jamais parce qu'à l'époque de leur extinction, alors qu'un être

(1) *Principes de la Philosophie,* t. II des Œuvres de Descartes, p. 81.

vivant pourrait mettre le pied sur leur croûte refroidie et solidifiée, il n'y aura pas, à cause de leur immense éloignement mutuel, de soleil voisin pour départir à chacun d'eux la lumière et la chaleur.

La vie, en effet, une vie largement développée ne peut naître que sur les planètes éteintes, invisibles, qui circulent peut-être autour de ces soleils. Or comment savoir si elles sont habitées? nous ne les voyons même pas. Quant aux planètes de notre propre monde, jamais nous n'y cherchons de traces, même indirectes, d'êtres vivants ; elles sont trop loin. Il n'y a dans le monde solaire qu'un seul astre, la Lune ([1]), sur lequel il y aurait chance de découvrir, non des habitants, il faudrait pour cela qu'ils fussent aussi grands que les pyramides d'Égypte, mais de simples indications de la vie. On les a longtemps cherchées, mais en vain : la Lune est un désert. Vous le voyez, avec les astronomes, les partisans de la vie universelle jouent de malheur.

L'astronome dira encore que, pour la Science, cette question se réduit à une autre bien plus accessible et, par cela même, véritablement intéressante, celle des conditions de la vie dans l'univers. En l'étudiant, nous verrons combien ces conditions sont multiples et étroites, surtout pour les êtres les plus élevés, et nous serons conduits à reconnaître, non pas certes qu'elles ne sont réalisées que sur notre globe, mais que, dans notre propre monde solaire, bien peu d'astres les remplissent. Nous ne savons si ceux-là

([1]) *Voir*, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1881, ma Notice sur la *Comparaison de la Lune et de la Terre au point de vue géologique.*

sont habités, mais ce que nous sommes en droit d'affirmer, c'est que les autres, bien plus nombréux, sont aussi déserts que notre Lune.

Conditions de la vie dans l'Univers.

Nous rencontrons tout d'abord une objection vulgaire. On avoue que, d'un monde à l'autre, les milieux varient probablement du tout au tout; mais, s'il s'agit de la vie, il ne serait pas rationnel, dit-on, d'en juger par ce qui se passe sous nos yeux, sur notre propre globe. Nous risquerions fort de raisonner comme un individu qui n'aurait jamais vu de fleuves, de lacs ou de mers : celui-là soutiendrait que la vie ne peut s'établir hors d'une atmosphère respirable ; pour lui, tout être pénétrant dans les eaux devrait y être asphyxié. Et pourtant les eaux sont abondamment peuplées. De même, ajoute-t-on, la vie, avec sa flexibilité indéfinie, s'accommode des circonstances les plus diverses; il n'est donc pas permis de prononcer qu'elle est absente dans des régions éloignées de l'univers, par cela seul que les milieux ou les conditions seraient différents des nôtres.

Sans doute si des salamandres incombustibles vivaient dans des milieux incandescents, si des chimères voletant dans le vide pouvaient s'y nourrir d'intentions secondes, comme on disait plaisamment au moyen âge (1), nous n'aurions qu'à clore ici ce Chapitre.

Mais les biologistes ne sont pas de cet avis : ils espé-

(1) *Ultrum chimæra volitans in vacuo, possit comedere secundas intentiones.*

rent expliquer les phénomènes de la vie par les lois ordinaires de la Mécanique, de la Physique, de la Chimie, et, comme ces lois ne sont pas spéciales à la Terre, comme elles s'appliquent à l'univers entier, il en doit être de même des conditions générales qu'on en déduit pour l'existence des êtres vivants, conditions d'autant plus étroites qu'il s'agit d'animaux d'un ordre plus élevé.

Il y a des conditions de divers ordres, astronomiques, mécaniques, géologiques, physiques et chimiques. La première de toutes a trait à la température.

L'univers nous présente toutes les températures imaginables, depuis le froid absolu de — 273° dont nos physiciens approchent de plus en plus dans leur étonnantes expériences, jusqu'aux températures effroyables de millions et de millions de degrés qui règnent à l'intérieur des moindres soleils. Cette échelle immense comprend tous les phénomènes mécaniques et physiques. Les actions chimiques y occupent une place restreinte : au delà de quelques milliers de degrés, les affinités disparaissent, les corps sont réduits en leurs derniers éléments. Mais la vie y occupe une place bien plus restreinte encore : sur cette immense échelle thermométrique, où s'enregistrent tous les phénomènes de la nature, la vie ne va que de 0° à + 50°. Au-dessous de 0°, les germes ne se développent plus, ils sont gelés. Au-dessus de 60°, ils ne se développeraient pas davantage : ils sont cuits. Ces limites s'étendent un peu plus pour les êtres microscopiques ; elles se rétrécissent au contraire s'il s'agit d'êtres plus élevés.

Ainsi la vie a besoin d'une sorte d'étuve entretenue à une température presque constante. Elle ne trouvera place dans les mondes de l'univers que là où une étuve de ce genre se trouvera réalisée, c'est-à-dire un milieu approprié, doucement et constamment chauffé par une source de chaleur capable de durer des millions d'années. La chaleur ne suffit pas : la vie a besoin de lumière et il faut que cette lumière soit à radiations complètes, c'est-à-dire qu'elle émane d'une source à haute température. Dès lors il est impossible d'imaginer une autre solution que celle-ci : l'étuve doit être un globe éteint, protégé par une vaste atmosphère, placé à juste distance d'un soleil, ou naissant, ou complet.

A ce point de vue il est bien remarquable que la formation de l'univers, aux dépens d'un chaos primitif, ait réalisé plusieurs millions de fois l'une de ces conditions, c'est-à-dire des soleils presque tous capables de fournir autour d'eux, pendant des millions d'années, la chaleur et la lumière nécessaires à la vie. Et, si l'on s'en tenait à ce premier aperçu, on pourrait croire que la vie doit peupler des mondes par millions. Mais il s'en faut de beaucoup que la seconde condition soit remplie de même dans la sphère d'activité de chaque soleil. Nous avons vu, au Chapitre précédent, que chaque lambeau du chaos primitif a eu ses conditions propres qui ont déterminé le résultat final. Les uns auront abouti à une étoile isolée, sans planète circulant autour d'elle ; d'autres, à une étoile centrale entourée de très petits corps circulant en tous sens comme nos comètes ; d'autres, à des étoiles doubles ou triples à mouvements excentriques ; d'autres

enfin, mais à titre très particulier, ont abouti à une étoile entourée de planètes se mouvant dans des orbites presque circulaires.

Ces derniers sont les seuls où la vie puisse s'établir et se développer largement ; et encore, en chacun d'eux, sur quelques globes seulement, car toutes les planètes d'un même système ne satisferont pas nécessairement aux autres conditions non moins nécessaires que nous allons passer en revue.

Ces restrictions ne doivent pas étonner : sauf la variété de ces étoiles que la nature a semées avec tant de profusion dans l'espace, il n'y a aucune relation nécessaire entre les forces qui leur ont donné naissance et les conditions de la vie. Laissons donc de côté, dans chacun de ces mondes, tous les corps à orbites excentriques, tels que nos comètes, par exemple, sur lesquelles aucun être vivant ne saurait exister, et examinons les conditions astronomiques auxquelles un globe à orbite à peu près circulaire doit satisfaire.

Ce globe devant tourner sur lui-même, il faut que son axe ne soit pas couché sur le plan de l'orbite, autrement les deux hémisphères de la planète passeraient successivement à l'état de contrées polaires. C'est précisément le cas d'Uranus dont les deux pôles ont alternativement des nuits de 43 ans. Sur cette planète, l'équateur lui-même joue deux fois par révolution le rôle de cercle polaire. Il n'y a pas d'êtres qui puissent résister à des variations pareilles.

Au point de vue mécanique, il faut que la rotation ne soit pas trop rapide. Ainsi il suffirait que la Terre tournât 17 fois plus vite pour que la pesanteur fût

annulée à l'équateur par la force centrifuge. Il faut une masse suffisante : évidemment nos 300 petites planètes circulant entre les orbites de Mars et de Jupiter, et sur lesquelles une pierre lancée par la main d'un enfant deviendrait un satellite, sont toutes impropres à la vie.

Puis viennent les conditions géologiques. Il faut que la densité moyenne de la planète soit supérieure à celle de l'eau, sans quoi les mers n'auraient plus de stabilité, leurs mouvements ne se réduiraient pas à de simples oscillations contenues dans d'étroites limites : *rien*, comme l'a montré Laplace, *ne mettrait plus un frein à la fureur des flots*. C'est le cas de la planète Saturne. Il faut que la croûte solide de la planète considérée ait une consistance suffisante. La densité moyenne de Jupiter dépasse à peine celle de l'eau ; à en juger par son aplatissement si marqué, la densité superficielle doit être bien moindre. Or nous connaissons les matériaux de l'univers, mais parmi eux il n'en est pas de capables de former dans de telles circonstances un sol résistant. C'est pourquoi les astronomes inclinent à considérer cette planète comme étant en grande partie à l'état fluide, et les phénomènes récents de la fameuse tache rouge indiquent des mouvements internes bien peu compatibles avec la stabilité dont les moindres êtres vivants ont besoin.

Voici enfin une condition géologique fort délicate, à laquelle on n'a pas fait peut-être assez attention. La formation de la croûte solidifiée d'un globe quelconque, primitivement fluide, est régie par une loi mécanique qui ne souffre pas d'exceptions. C'est l'ordre des densités des matériaux qui règle la succes-

sion des couches généralement homogènes dans toute leur étendue. La couche superficielle formant la première croûte présentera donc une homogénéité marquée, qu'on retrouve effectivement dans les couches primitives de gneiss et de granit qui ont constitué la première enveloppe solide de la Terre. Or, dans un tel état de choses, cette première surface serait loin d'offrir la variété de matériaux si nécessaires à la vie. La chaux, par exemple, qui a joué un si grand rôle dans la vie terrestre, ferait défaut. Il a fallu que les bouleversements géologiques, propres à notre globe, fissent sortir des profondeurs les matériaux calcaires pour les amener à la surface, les livrer aux actions chimiques, et mettre finalement la chaux en circulation à l'état de carbonate. Or ces phénomènes géologiques ne se produisent régulièrement que sur les globes recouverts en partie par des mers. Ils peuvent très bien ne pas se faire ainsi partout, témoin la Lune dont la surface a été façonnée d'une manière toute différente. C'est aussi aux événements géologiques qu'il faut attribuer l'apparition des nombreux éléments chimiques nécessaires aux êtres supérieurs, tels que le fer, le phosphore, etc., dont la première croûte est généralement dépourvue.

Les conditions chimiques sont encore plus complexes. Nous savons, il est vrai, par l'analyse directe des matériaux cosmiques qui tombent de temps à autre sur la Terre, et par l'analyse spectrale des astres lumineux, que les éléments premiers des corps sont partout les mêmes ; partout on rencontre les mêmes affinités, sinon les mêmes combinaisons. Mais ces éléments ne se retrouvent pas partout. L'hydrogène,

par exemple, si abondant sur le Soleil et dans les étoiles les plus brillantes, ne se montre pas sur d'autres étoiles nombreuses, et manque totalement, à l'état libre, sur notre planète. L'oxygène, au contraire, est en excès chez nous, tandis qu'il forme des combinaisons au minimum d'oxydation dans les aérolithes; il manque absolument dans les syssidères. De même, le spectroscope nous montre dans les atmosphères de Jupiter, de Saturne, d'Uranus surtout, une composition très éloignée de la nôtre. Or, l'oxygène, l'azote, le carbone et l'hydrogène doivent constituer partout les éléments essentiels de la vie; aucun autre élément plus ou moins analogue au point de vue des affinités chimiques ne pourrait les remplacer. Il semble donc impossible que la vie, une vie développée, s'établisse sur un globe dont l'atmosphère serait privée de quelques-uns de ces matériaux, et il serait bien étonnant que tous les globes de l'univers en fussent pourvus.

Chose remarquable, les actions vives de la Chimie qu'on voit si puissamment à l'œuvre dans nos laboratoires, ou dans la masse du Soleil, sont exclusives de la vie. Celle-ci ne procède que par des actions lentes, encore peu étudiées, sous l'influence des radiations solaires. Dans d'autres conditions elle ne saurait, par exemple, tirer le carbone de ses combinaisons minérales pour le faire passer dans les plantes : il lui faut pour cela de l'acide carbonique libre et de l'eau.

Permettez-nous un instant de nous adresser à un de ces philosophes qui n'hésiteraient pas à construire un monde, si on leur donnait de la matière et du mouve-

ment. Au fond, il aura copié notre monde et notre Terre, autant du moins qu'il aura pu les comprendre. Il en est arrivé, je suppose, à faire naître des végétaux sur un sol bien ameubli, bien arrosé. Sans attendre que la nature crée d'elle-même des germes, car il se méfie et pourrait attendre longtemps, il a semé des graines prises sur notre Terre; mais bientôt il s'aperçoit que, si ses graines lèvent, elles ne vont pas plus loin et ne tardent pas à périr. Dans son embarras il s'adresse à un physicien et lui dit : « Tout y est pourtant : le sol, l'eau, une atmosphère et des rayons solaires ! » Le physicien examine l'atmosphère et lui dit à son tour : « Vous avez oublié l'anhydride carbonique. Il n'en faut pas beaucoup, quelques dix-millièmes seulement, mais ils sont indispensables. » Notre philosophe en mettra et obtiendra de l'herbe pour nourrir ses animaux. Mais, au bout de quelque temps, il verra les plus élevés d'entre eux dépérir. Que leur manque-t-il donc? Il s'adresse à M. Chatin qui lui demande un litre de son eau. Après l'avoir analysée, le savant chimiste lui dit : « Voilà : vous avez oublié un peu d'iode; il en faut pourtant quelques traces. Surtout n'en mettez pas trop. »

Certains faits semblent contredire quelques-unes de ces assertions. Ainsi l'on a constaté dans ces derniers temps, non sans surprise, que les profondeurs de la mer, où la température reste fixe à 1° ou 2° et où la lumière ne pénètre pas, sont richement peuplées d'animaux les plus variés. Mais, chose remarquable ! jamais on n'y a trouvé de végétaux. La nourriture de ces êtres singuliers vient donc des régions accessibles à la lumière ; ils vivent, en effet, des débris des êtres de

la région superficielle qui tombent au fond des mers, et cette simple remarque suffit à lever une apparente contradiction.

On voit, par cet exposé rapide et bien incomplet, combien les conditions de la vie sont à la fois multiples et délicates. Reportez-vous maintenant aux actions purement mécaniques qui ont présidé à la transformation d'un amas cosmique de matière disséminée pour aboutir à un monde quelconque, et vous conviendrez que le jeu naturel de ces forces n'a pas de rapport avec l'ensemble des conditions de la vie. S'il était possible de faire l'énumération complète de ces conditions qui, pour la plupart, sont indépendantes les unes des autres, on verrait qu'il y a bien peu de chances qu'elles se trouvent réunies sur un globe quelconque. La nature a donc dû former un grand nombre de mondes pour qu'un milieu habitable se soit produit, çà ou là, par un heureux concours de circonstances favorables. C'est ainsi que la nature, sur notre propre globe, assure la reproduction de certains êtres en dépit des chances nombreuses de destruction qui les menacent. Elle n'a pour cela qu'un procédé : c'est de multiplier énormément les germes exposés à périr, afin que quelques-uns d'entre eux rencontrent la chance rare qui leur permettra de vivre. Ainsi il serait puéril de prétendre qu'il ne peut y avoir qu'un globe habité dans l'univers : mais il serait tout aussi insoutenable de prétendre que tous ces mondes sont habités ou doivent l'être.

Fin du monde actuel.

Voilà encore une notion toute moderne. Ce n'est pas que le système solaire doive se dissoudre, se disloquer, ou finir par s'englober tout entier dans la masse centrale. Laplace a montré que cet admirable mécanisme est fait pour durer indéfiniment. Toutes les conditions de stabilité mécanique s'y trouvent réunies, et n'oublions pas de rappeler, en passant, que ces conditions-là tiennent aux particularités propres au lambeau chaotique d'où il est sorti. Mais le monde, pour durer, ne dépense pas d'énergie, tandis que le Soleil, pour briller, en dépense énormément ; et, comme sa provision est limitée et ne saurait se renouveler, nous devons envisager, non comme prochaine assurément, mais comme inévitable, la mort de ce Soleil en tant que soleil. Après avoir brillé d'un éclat égal pendant bien des milliers d'années encore, il finira par faiblir et s'éteindre comme une lampe dont l'huile s'est épuisée. D'ailleurs d'assez nombreux phénomènes célestes nous en avertissent : ce sont les étoiles dont la lumière vacille, celles qui s'éteignent périodiquement, du moins pour l'œil nu, comme o de la Baleine, et celles qui disparaissent d'une manière définitive.

C'est surtout en considérant cette phase finale qu'on se rendra bien compte du rôle énorme que le Soleil joue dans notre monde, en dehors des effets mécaniques de sa puissante attraction. Le Soleil actuel perd continuellement de sa chaleur ; sa masse se condense et se contracte ; sa fluidité actuelle doit aller en diminuant. Il arrivera un moment où la circulation qui ali-

mente la photosphère, et qui régularise sa radiation en y faisant participer l'énorme masse presque entière, sera gênée et commencera à se ralentir. Alors la radiation de lumière et de chaleur diminuera, la vie végétale et animale se resserrera de plus en plus vers l'équateur terrestre. Quand cette circulation aura cessé, la brillante photosphère sera remplacée par une croûte opaque et obscure qui supprimera immédiatement toute radiation lumineuse. Réduit désormais aux faibles radiations stellaires, notre globe sera envahi par le froid et les ténèbres de l'espace. Les mouvements continuels de l'atmosphère feront place à un calme complet. La circulation aéro-tellurique de l'eau qui vivifie tout aura disparu : les derniers nuages auront répandu sur la Terre leurs dernières pluies ; les ruisseaux, les rivières cesseront de ramener à la mer les eaux que la radiation solaire lui enlevait incessamment. La mer elle-même, entièrement gelée, cessera d'obéir aux mouvements des marées. La Terre n'aura plus d'autre lumière propre que celle des étoiles filantes qui continueront à pénétrer dans l'atmosphère et à s'y enflammer. Peut-être les alternatives qu'on observe dans les étoiles, au commencement de leur phase d'extinction, se produiront-elles aussi dans le Soleil ; peut-être un développement accidentel de chaleur, dû à quelque affaissement de la croûte solaire, rendra-t-il un instant à cet astre sa splendeur première ; mais il ne tardera pas à s'affaiblir et à s'éteindre de nouveau comme les étoiles fameuses du Cygne, du Serpentaire et, dernièrement encore, de la Couronne boréale.

Quant au système lui-même, les planètes obscures

et froides continueront à circuler autour du Soleil éteint. Sauf ces mouvements, représentants derniers du tourbillonnement primitif de la nébuleuse que rien ne saurait effacer, notre monde aura dépensé toute l'énergie de position que la main de Dieu avait accumulée dans le chaos premier.

Voilà donc le tableau de ce monde, de son commencement à sa fin. Mais il y manque un trait essentiel, son isolement dans l'espace. Ses transformations successives, son développement magnifique, sa fin elle-même, tout se passe comme si ce monde existait seul.

Sans doute, cet isolement n'est pas absolu. L'attraction des corps les plus éloignés de l'univers s'y fait sentir; leur lumière et même leur chaleur arrivent jusqu'à nous, et réciproquement notre monde exerce sur eux des actions analogues. Mais, en somme, ces actions sont insignifiantes ou incapables d'altérer les phénomènes intérieurs de notre système.

S'il s'agit des êtres vivants, cet isolement est complet : nous sommes cloués à notre globe par la pesanteur et séparés des autres mondes par les espaces infranchissables. Quelque déliés que soient les germes fécondés par lesquels la vie inférieure se transmet sur notre globe, ces germes ne peuvent aller au delà des couches basses de l'atmosphère. De même nous n'en recevons aucun des autres mondes, ni même des planètes appartenant au nôtre. Quelques biologistes ont émis l'idée que cet isolement n'est pas réel et, se fondant sur ces matériaux cosmiques qui tombent parfois sur le sol, ils se sont demandé si certains astres, tels que les comètes qui vont de planètes en planètes et même, selon Laplace, de monde en

monde, ne seraient pas les pourvoyeurs de la vie universelle, en transportant çà et là,

... quasi cursores vitaï lampada tradunt,

des germes nés sur quelque planète favorisée.

Malheureusement ces germes ne vivraient pas dans leurs longues pérégrinations à travers le vide et le froid des espaces célestes : d'ailleurs, lorsque les fragments qui les portent viendraient à tomber sur un globe quelconque, ce serait en développant, par le choc, une incandescence qui les détruirait.

Il faut donc renoncer à ces brillantes fantaisies par lesquelles on cherche à se faire illusion, à considérer l'univers comme l'immense théâtre où se développe spontanément un progrès sans fin. Au contraire, la vie doit disparaître ici-bas, et les œuvres matérielles les plus grandioses de l'humanité elle-même s'effaceront peu à peu sous l'action des quelques forces physiques qui lui survivront pendant un temps. Il n'en restera rien, pas même des ruines. Mais nous espérons, nous croyons qu'il n'en sera pas de même des œuvres de l'intelligence qui nous auront rapprochés de notre modèle divin. Celles-là n'ont besoin pour subsister ni de lumière, ni de chaleur, ni d'une Terre nouvelle ; elles seront recueillies pour ne pas périr. Cette conviction, qui n'a rien de commun avec la triste philosophie d'Épicure, nous rattache aux plus grands génies de l'antiquité et aux plus nobles traditions du genre humain.

FIN.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
39491 Quai des Grands-Augustins, 55.

QB
981
F28
1907

FEB 26 1974

RAYMOND H. FOGLER LIBRARY
DATE DUE

QB981.F28 1907
Sur l'origine du monde
3 7550 00012791 1